


**Oxygen sensor heater regulation unit for aircraft engine**

**Patent number:** DE19729350  
**Publication date:** 1998-01-15  
**Inventor:** YAMASHITA YUKIHIRO (JP); IIDA HISASHI (JP); HASEGAWA JUN (JP)  
**Applicant:** DENSO CORP (JP)  
**Classification:**  
- international: G01N27/02; F02D45/00  
- european: F02D41/14D5D2; F02D41/14D11B; G01N27/406D  
**Application number:** DE19971029350 19970709  
**Priority number(s):** JP19960180771 19960710; JP19970105960 19970423

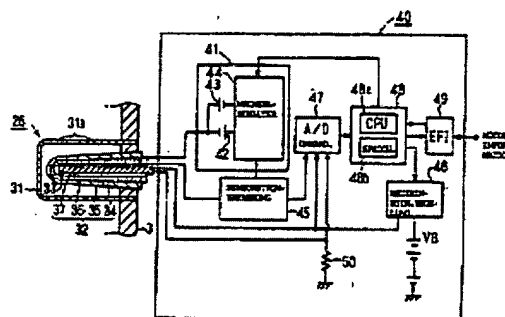
Also published as:

 US5852228 (A1)

Report a data error here

**Abstract of DE19729350**

The heater regulation device, for an oxygen sensor, has an oxygen sensor (26) with a sensor element (34) which yields the oxygen concentration in the fluid flow. This has a heater (33) for warming the sensor element. The impedance of the sensor element (34) is received by a holding device. A heater regulation device (105), which is based on a negative feedback circuit, maintains the impedance of the sensor (33) at a nominal value by regulation of the energy supplied to the heater element. A further device detects any variation of the sensor (33) which leads to an increase of its internal impedance, and this is coupled with a device that modifies the nominal impedance value maintained by the feedback circuit.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 29 350 A 1

51 Int. Cl. 6:  
G 01 N 27/02  
F 02 D 45/00

21 Aktenzeichen: 197 29 350.6  
22 Anmeldetag: 9. 7. 97  
43 Offenlegungstag: 15. 1. 98

DE 197 29 350 A 1

30 Unionspriorität:

08180771 10.07.96 JP  
09105980 23.04.97 JP

71 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:

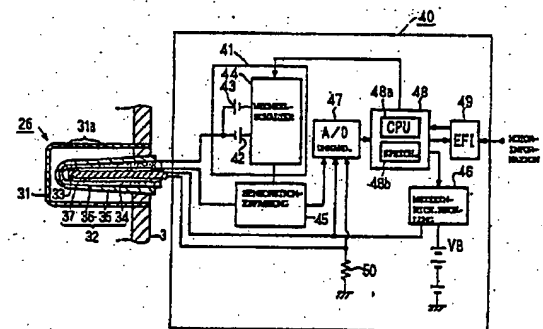
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

72 Erfinder:

Yamashita, Yukihiro, Kariya, Aichi, JP; Iida, Hisashi,  
Kariya, Aichi, JP; Hasegawa, Jun, Kariya, Aichi, JP

54 Vorrichtung und Verfahren zum Regeln einer Sauerstoffsensorheizung

57 Ein Fühlelement (34) eines Sauerstoffsensors (26) wird geregelt, um eine Sollimpedanz einzuhalten, so daß eine Aktivierungstemperatur des Sauerstoffsensors aufrechterhalten wird. Mit einer Verschlechterung des Fühlelements steigt seine interne Impedanz an und eine Energiezufuhr zu einer Heizeinrichtung (33) zum Heizen des Fühlelements steigt an. Die Sauerstoffsensortemperatur steigt übermäßig über eine Aktivierungstemperatur an. Zum Begrenzen des übermäßigen Temperaturanstiegs wird die Sollimpedanz verändert, wenn die Zuführenergie zur Heizeinrichtung (33) einen vorbestimmten Bezugswert übersteigt. Die Sollimpedanz kann mit einem Anstieg der Energiezufuhr zur Heizeinrichtung (33) erhöht werden. Wahlweise wird die Heizeinrichtungszuführenergie auf ein vorbestimmtes Maximum begrenzt, um einen übermäßigen Temperaturanstieg zu beschränken.



DE 197 29 350 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 97 702 063/679

28/23

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Regeln einer Sauerstoffsensorheizung, um eine Sensorverschlechterung zu begrenzen, die durch ein übermäßiges Heizen hervorgerufen wird.

Viele moderne Luft-Kraftstoffverhältnisregelsysteme für Motoren verwenden einen Sauerstoffsensor in Grenzstrombauweise (Sauerstoffkonzentrationserfassungsvorrichtung), der einen Strom erzeugt, der proportional zu einer Sauerstoffkonzentration in einem Abgas ist.

Diese Bauart des Sauerstoffsensors ist solange nicht dazu in der Lage, den zur Sauerstoffkonzentration proportionalen Grenzstrom zu erzeugen, bis er auf eine vorbestimmte Temperatur (eine Aktivierungstemperatur) aktiviert ist. Daher wird zum Aufrechterhalten der Aktivierung des Sauerstoffsensors eine Energiezufuhr zu einer Heizeinrichtung zum Heizen des Sauerstoffsensors ansprechend auf eine Temperatur eines Fühlelements in dem Sauerstoffsensor geregelt (elementtemperaturabhängige Rückkopplungsregelung).

Die Rückkopplungsregelung der Sauerstoffsensortemperatur stützt sich auf die Fühlelementimpedanz, die sich mit der Temperatur ändert. Die Sollimpedanz wird auf eine Impedanz gesetzt, bei der die Aktivierungstemperatur erreicht ist.

Eine interne Impedanz des Fühlelements steigt mit einer Verschlechterung des Sauerstoffsensors an. Selbst wenn die Temperatur des Sauerstoffsensors über der Aktivierungstemperatur liegt, wird daher die Energiezufuhr zu der Heizeinrichtung (die Heizeinrichtungszuführenergie) erhöht werden, um die Sollimpedanz zu erreichen, weil die Impedanz des Fühlelements durch eine Verschlechterung ansteigt. Die Temperatur des Sauerstoffsensors wird entsprechend ansteigen. Wenn sich die Sauerstoffsensoreigenschaften aufgrund einer Sensorverschlechterung verändern oder wenn sich die Sensorumgebung (beispielsweise die Motorabgastemperatur) verändert, wird des weiteren die Heizeinrichtungszuführenergie instabil werden und ein übermäßiges Heizen des Fühlelements hervorgerufen. Somit wird dieser Temperaturanstieg in ungünstiger Weise die Verschlechterung des Sauerstoffsensors fördern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorstehend genannten Nachteile zu beseitigen, während eine Aktivierungstemperatur eines Sauerstoffsensors aufrechterhalten bleibt.

Die Erfindung soll auch einen Temperaturanstieg eines Sauerstoffsensors begrenzen, der auftreten würde, wenn sich ein Sauerstoffsensor und eine interne Impedanz eines Fühlelements entsprechend verschlechtert.

Gemäß dem ersten Gesichtspunkt der Erfindung wird bei einer Sauerstoffsensorheizvorrichtung und einem Verfahren, die eine Zuführenergie zu einer Heizeinrichtung rückgekoppelt regeln, eine Verschlechterung eines Sauerstoffsensors auf der Grundlage einer internen Impedanz eines Fühlelements bestimmt und eine Sollimpedanz wird auf der Grundlage des Ergebnisses der Bestimmung der Verschlechterung verändert. Selbst wenn sich der Sauerstoffsensor verschlechtert, wird somit die Sollimpedanz auf eine neue Sollimpedanz erhöht, so daß eine Energiezufuhr zu der Heizeinrichtung so geregelt wird, daß ein Temperaturanstieg des Sauerstoffsensors begrenzt ist.

Vorzugsweise wird die Verschlechterung bestimmt, indem eine Zuführenergie zur Heizeinrichtung mit einem Bestimmungsbezugswert verglichen wird, und die

Sollimpedanz wird verändert, wenn die Zuführenergie den Bestimmungsbezugswert erreicht.

Vorzugsweise wird eine Abnormalität des Sauerstoffsensors bestimmt, um zu überprüfen, ob die Zuführenergie zu der Heizeinrichtung einer Betriebsgrenze des Sauerstoffsensors entspricht. Wenn die Zuführenergie aufgrund einer Sensorverschlechterung groß wird, wird somit jeglicher weiterer Anstieg der Zuführenergie begrenzt.

Vorzugsweise wird aus dem Motorbetriebszustand bestimmt, ob der Anstieg der Zuführenergie zur Heizeinrichtung durch eine Verschlechterung des Sauerstoffsensors oder durch einen Abfall der Abgastemperatur hervorgerufen wird. Somit wird die Sollimpedanz verändert, wenn der Motor in einem stationären Zustand läuft.

Vorzugsweise wird die Sollimpedanz ansteigend verändert, wenn die Zuführenergie zur Heizeinrichtung ansteigt.

Gemäß dem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist die Zuführenergie zu einer Heizeinrichtung auf ein vorbestimmtes Maximalzuführenergielimit begrenzt. Dieses Maximallimit begrenzt den übermäßigen Temperaturanstieg des Sauerstoffsensors, selbst wenn die Heizeinrichtungszuführenergie leicht aufgrund Veränderungen der Sensorbetriebsseigenschaften oder der Sensorumgebung wie beispielsweise einer Abgastemperatur ansteigt.

Vorzugsweise ist das Maximallimit auf einen höheren als den normalen Wert für eine vorbestimmte Zeitspanne gesetzt, in der der Sauerstoffsensor einheitlich geheizt werden wird, wenn der Sauerstoffsensor ausgehend von einem Kaltzustand verwendet wird.

Vorzugsweise ist das Maximallimit in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz des Sauerstoffsensors gesetzt.

Die vorgenannte Aufgabe, sowie Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen offensichtlich.

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht einer Luft-Kraftstoffverhältnisregelvorrichtung, die eine Sauerstoffsensorheizregelung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet;

Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines Sauerstoffsensors und zeigt ein elektrisches Schaltbild einer elektronischen Regeleinheit;

Fig. 3 ist eine Graphik, die die Spannungs-Stromeigenschaften des Sauerstoffsensors wiedergibt;

Fig. 4 ist ein Zeitdiagramm, das einen Heizeinrichtungszuführenergieregelbetrieb darstellt;

Fig. 5 ist eine Graphik, die die Beziehung zwischen einer Elementtemperatur und einer Elementimpedanz eines Sauerstofffühlelements in dem Sauerstoffsensor wiedergibt;

Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das eine Heizeinrichtungszuführenergieregelungsroutine darstellt;

Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, das eine Elementimpedanzersfassungsregelungsroutine darstellt;

Fig. 8 ist eine Graphik, die die Spannungs-Stromeigenschaften des Sauerstoffsensors darstellt;

Fig. 9 ist ein Flußdiagramm, das eine Berechnungsroutine zur Berechnung eines Heizeinrichtungszuführenergiemittelwerts darstellt;

Fig. 10 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Heizeinrichtungszuführenergiemittelwert und der Sollimpedanz darstellt;

Fig. 11 ist ein Flußdiagramm, das eine Sollimpedanzveränderungsroutine darstellt;

Fig. 12 ist ein Flußdiagramm, das eine Sensorabnormalitätsbestimmungsroutine darstellt;

Fig. 13 ist ein Elektronikschaltbild einer elektronischen Regeleinheit, die bei dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 14 ist ein Schaltbild einer Heizeinrichtungsregelungsschaltung;

Fig. 15 ist ein Flußdiagramm, das eine Heizeinrichtungsregelungsroutine darstellt;

Fig. 16 ist ein Flußdiagramm, das eine Routine zum Setzen einer Sollimpedanz darstellt;

Fig. 17 ist ein Flußdiagramm, das eine Routine zum Setzen eines Zuführenergielimits darstellt;

Fig. 18 ist ein Zeitdiagramm, das eine Sensorspannung und einen Sensorstrom zum Erfassen einer Elementimpedanz darstellt;

Fig. 19 ist eine Graphik, die eine zugeordnete Beziehung zwischen einer Elementimpedanz und einer erforderlichen Zuführenergie darstellt;

Fig. 20 ist eine Graphik, die eine Beziehung zwischen einer Elementimpedanz und einem Zuführenergielimit darstellt;

Fig. 21 ist ein Zeitdiagramm, das einen Betrieb des zweiten Ausführungsbeispiels darstellt;

Fig. 22 ist eine Graphik, die eine Beziehung zwischen einer Elementimpedanz und einer Elementtemperatur darstellt;

Fig. 23 ist eine Graphik, die eine zugeordnete Beziehung zwischen einem anfänglichen Heizeinrichtungswiderstand oder -impedanz und einem Zuführenergielimit darstellt;

Fig. 24 ist eine Graphik, die eine zugeordnete Beziehung zwischen einer Motorlast und einem Zuführenergielimit darstellt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Die vorliegende Erfindung wird unter Bezugnahme auf zwei Ausführungsbeispiele beschrieben, bei denen ein Sauerstoffsensoren in einer Luft-Kraftstoffverhältnisregelvorrichtung für eine Kraftfahrzeugbrennkraftmaschine verwendet wird. Es sollte bemerkt werden, daß in der folgenden Beschreibung der gleiche oder ähnliche Aufbau in allen Ausführungsbeispielen durch gleiche oder ähnliche Bezugszeichen gekennzeichnet ist, um eine wiederholte Erläuterung wegzulassen.

#### (Erstes Ausführungsbeispiel)

In Fig. 1, die eine Luft-Kraftstoffverhältnisregelvorrichtung darstellt, ist ein fremdgezündeter Vier-Zylinder-Ottomotor 1 mit einem Einlaßrohr 2 und einem Auslaßrohr 3 verbunden. Eine Luftreinigungsvorrichtung 4 ist am stromaufwärtigsten Abschnitt des Einlaßrohrs 2 vorgesehen. Ein Druckausgleichbehälter 5 ist auf halbem Wege des Einlaßrohrs 2 vorgesehen. Stromabwärts des Druckausgleichbehälters 5 ist eine Drosselklappe 17, die zusammen mit der niederdrückenden Betätigung eines (nicht gezeigten) Gaspedals betätigbar ist. Ein Überströmkanal 18, der die Drosselklappe 17 überbrückt, ist mit einem Leerlaufdrehzahlregelventil (ISC-Ventil) 19 versehen.

Das Einlaßrohr 2 ist mit jedem Zylinder des Motors 1 durch eine Einlaßöffnung verbunden, an der eine Einspritzeinrichtung 6 montiert ist. Ein Kraftstoff wird von einem Kraftstofftank 7 durch eine Kraftstoffpumpe 8

heraufgepumpt und dann einem Druckregulator 10 über einen Kraftstofffilter 9 zugeführt. Der Druckregulator 10 ist dazu vorgesehen, einen Druck des der Einspritzeinrichtung 6 zuzuführenden Kraftstoffes dadurch zu regeln, daß überschüssiger Kraftstoff in den Kraftstofftank 7 zurückgeführt wird. Die Einspritzeinrichtung 6 öffnet zum Einspritzen von Kraftstoff ihr Ventil durch eine Energiezufuhr von einer Batterie 15. Der von der Einspritzeinrichtung 6 eingespritzte Kraftstoff wird mit einer Einlaßluft vermischt, um ein Luft-Kraftstoffgemisch zu bilden. Das Gemisch wird dann in eine Brennkammer 12 durch ein Einlaßventil 11 eingeführt.

Ein Einlaßlufttemperatursensor 20 ist in der Nähe der Luftreinigungsvorrichtung 4 angeordnet, um die Temperatur der Einlaßluft zu erfassen. Der Druckausgleichbehälter 5 ist mit einem Drucksensor 22 zum Erfassen des Einlaßluftdrucks innerhalb des Einlaßrohrs 2 verbunden. Der Zylinderblock des Motors 1 ist mit einem Temperatursensor zum Erfassen der Temperatur des Motorkühlmittels versehen.

Eine Zündkerze 13 ist an der Brennkammer 12 jedes Zylinders montiert. Eine Zündspule 14 erzeugt eine Hochspannung aus der von der Batterie 15 zugeführten Spannung. Die Hochspannung wird dann zu der Zündkerze 13 jedes Zylinders durch einen Verteiler 16 verteilt. Der Verteiler 16 umfaßt einen Bezugspositionssensor 24 zum Erfassen einer Bezugsdrehposition und einen Kurbelwinkelsensor 25. Der Kurbelwinkelsensor 25 erzeugt Kurbelwinkelsignale an jeden vorbestimmten Kurbelwinkel (beispielsweise bei jeweils 30° Kurbelwinkel) während einer Drehung der Kurbelwelle des Motors 1. Der Bezugspositionssensor 24 erzeugt ein Bezugspositionssignal bezüglich eines speziellen Zylinders (beispielsweise die obere Kompressionspunktposition des ersten Zylinders) während einer Drehung der Kurbelwelle des Motors 1, wodurch die Zylinderzahl erfaßt wird.

Das Abgasrohr 3 des Motors 1 ist mit einem Sauerstoffsensoren 26 in Grenzstrombauweise versehen, der Erfassungssignale ausgibt, die linear zu (proportional zu) der Sauerstoffkonzentration im Abgas sind. Stromabwärts von dem Sauerstoffsensoren 26 ist ein (nicht gezeigter) katalytischer Wandler angeordnet, der das Abgas reinigt.

Die Erfassungssignale von den vorstehend erwähnten Sensoren werden in eine elektronische Regeleinheit (ECU) 40 eingegeben. Die ECU 40 wird durch eine Energiezufuhr von der Batterie 15 betrieben. Bei Erhalt eines AN-Signals von einem Zündschalter 28 beginnt die ECU 40 mit der Regelung des Betriebs des Motors 1. Während des Betriebs des Motors 1 führt die ECU 40 eine Rückkopplungsregelung des Luft-Kraftstoffverhältnisses eines Luft-Kraftstoffgemisches auf näherungsweise ein Soll-Luft-Kraftstoffverhältnis (beispielsweise ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoffverhältnis) aus, indem der Luft-Kraftstoffverhältniskorrekturkoeffizient auf der Grundlage der Signale von dem Sauerstoffsensoren 26 verändert wird. Des weiteren führt die ECU 40 einen Sauerstoffsensordiagnosebetrieb, d. h. einen Betrieb zur Bestimmung einer Fehlfunktion des Sauerstoffsensors aus, um zu bestimmen, ob eine Abnormalität bei dem Sauerstoffsensoren 26 aufgetreten ist; wenn eine Abnormalität aufgetreten ist, wird eine Warnlampe 29 angeschaltet, um den Fahrer über eine Sauerstoffsensorenabnormalität zu informieren.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ragt der Sauerstoffsensoren 26 in das Abgasrohr 3 vor. Er weist eine Abdeckung 31, einen Sensorkörper 32 und eine Heizeinrichtung 33 auf.

Die Abdeckung 31 ist im allgemeinen U-förmig und ihre Umfangswand hat viele Poren 31a, die das Innere der Abdeckung 31 mit dem Äußeren in Verbindung setzen. Der Sensorkörper 32 erzeugt einen Grenzstrom entsprechend der Sauerstoffkonzentration im Magermischbereich des Luft-Kraftstoffverhältnisses oder entsprechend der Konzentration von Kohlenmonoxid (CO) im Bereich des fetten Gemisches des Luft-Kraftstoffverhältnisses.

Eine abgasseitige Elektrodenschicht 36 ist auf der äußeren Oberfläche einer Festkörperelektrolytschicht 34 befestigt, die im Schnitt eine Form einer Haube hat. Die Innenfläche der Festkörperelektrolytschicht 34 ist auf der umgebungsseitigen Elektrodenschicht 37 befestigt. Eine diffundierte Widerstandsschicht 35 ist an der Außenseite der abgasseitigen Elektrodenschicht 36 durch Plasmasprühen oder dergleichen ausgebildet.

Die Heizeinrichtung 33 ist in einem Raum angeordnet, der durch die umgebungsseitige Elektrodenschicht 37 umgeben ist. Die thermische Energie von der Heizeinrichtung 33 heizt den Sensorkörper 32 (die umgebungsseitige Elektrodenschicht 37, die Festkörperelektrolytschicht 34, die abgasseitige Elektrodenschicht 36 und die diffundierte Widerstandsschicht 35) auf. Die Heizeinrichtung 33 hat eine ausreichende Wärmeerzeugungskapazität, um den Sensorkörper 32 zu aktivieren.

Mit diesem Aufbau des Sauerstoffsensors 26 erzeugt der Sensorkörper 32 eine variable elektrizitätserzeugende Kraft bei dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis und erzeugt einen Grenzstrom in Übereinstimmung mit der Sauerstoffkonzentration innerhalb des Magermischbereiches, der bezüglich des stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnisses definiert ist.

Der Sensorkörper 32 erfaßt linear die Sauerstoffkonzentration im Abgas. Da jedoch eine hohe Temperatur von ungefähr 650°C oder darüber benötigt wird, um den Sensorkörper 32 zu aktivieren, und da der Aktivierungsbereich des Sensorkörpers 32 relativ eng ist, ist die thermische Energie vom Abgas des Motors 1 nicht ausreichend, um die Aktivierung des Sensorkörpers 32 zu regeln. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird die Heizeinrichtung 33 so geregelt, wie später beschrieben wird, um eine gewünschte Regelung der Temperatur des Sensorkörpers 32 zu erzielen. Innerhalb des Bereichs mit fettem Gemisch bezüglich des stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnisses verändert sich andererseits die Konzentration von Kohlenmonoxiden (CO), d. h. von unverbranntem Gas, im wesentlichen linear zum Luft-Kraftstoffverhältnis. Der Sensorkörper 32 erzeugt einen Grenzstrom in Übereinstimmung mit der CO-Konzentration im Bereich des fetten Gemisches.

Die Strom-Spannung-Eigenschaftskurven in Fig. 3 zeigen, daß der Strom, der in die Festkörperelektrolytschicht 34 des Sensorkörpers 32 proportional zur Sauerstoffkonzentration (Luft-Kraftstoffverhältnis) fließt, die durch den Sauerstoffsensor 26 erfaßt wird, linear zur Spannung ist, die auf die Festkörperelektrolytschicht 34 aufgebracht wird.

Wenn der Sensorkörper 32 in dem aktivierten Zustand bei einer Temperatur  $T = T_1$  ist, zeigen die Strom-Spannung-Eigenschaften des Sensorkörpers 32 einen stationären Zustand, wie durch die charakteristische Kurve L1 angedeutet ist, die durch durchgezogene Linien in Fig. 3 wiedergegeben ist. Die geraden Segmente der charakteristischen Kurve L1 parallel zur Spannungsschse V geben Grenzströme an, die in dem Sensorkörper 32 fließen. Die Schwankung des Grenz-

stroms ist in Übereinstimmung zur Schwankung des Luft-Kraftstoffverhältnisses (d. h. mager oder fett). Genauer gesagt steigt der Grenzstrom an, wenn sich das Luft-Kraftstoffverhältnis weiter zur mageren Seite verschiebt, und der Grenzstrom nimmt ab, wenn das Luft-Kraftstoffverhältnis sich weiter zur fetten Seite verschiebt.

Der Bereich der Spannungs-Strom-Eigenschaftskurve, in dem die Spannung kleiner als die Werte ist, die den geraden Segmenten entsprechen, die zur Spannungsschse V parallel sind, ist ein Bereich, in dem ein Widerstand dominiert. Die Steigung der charakteristischen Kurve L1 innerhalb eines solchen Bereichs, in dem der Widerstand dominiert, wird durch die innere Impedanz (Elementimpedanz) der Festkörperelektrolytschicht 34 bestimmt, die in dem Sensorkörper 32 vorgesehen ist. Die Elementimpedanz verändert sich mit der Temperatur. Mit einem Abfall der Temperatur des Sensorkörpers 32 steigt die Elementimpedanz an und daher verringert sich die Steigung.

Wenn die Temperatur T des Sensorkörpers 32 gleich  $T_2$  ist, die geringer als  $T_1$  ist, werden die Strom-Spannung-Eigenschaften des Sensorkörpers 32 so, wie durch die charakteristische Kurve L2 angedeutet ist, die durch strichlierte Linien in Fig. 3 wiedergegeben ist. Die geraden Segmente der charakteristischen Kurve L2 parallel zur Spannungsschse V geben Grenzströme an, die in dem Sensorkörper 32 fließen. Die Grenzströme, die durch die charakteristische Kurve L2 bestimmt sind, sind im wesentlichen gleich zu denjenigen, die durch die Kurve L1 bestimmt sind.

Wenn eine positive Spannung  $V_{pos}$  auf die Festkörperelektrolytschicht 34 des Sensorkörpers 32 aufgebracht wird, wird bei der charakteristischen Kurve L1 der durch den Sensorkörper 32 fließende Strom ein Grenzstrom  $I_{pos}$  (siehe Punkt Pa in Fig. 3). Wenn eine negative Spannung  $V_{neg}$  auf die Festkörperelektrolytschicht 34 des Sensorkörpers 32 aufgebracht wird, wird der durch den Sensorkörper 32 fließende Strom ein negativer Grenzstrom  $I_{neg}$ , der nicht von der Sauerstoffkonzentration abhängig ist, sondern nur zur Temperatur proportional ist (siehe Punkt Pb in Fig. 3).

Unter erneuter Bezugnahme auf Fig. 2 ist dort die abgasseitige Elektrodenschicht 36 des Sensorkörpers 32 mit einer Vorspannungsregelungsschaltung 41 verbunden, die mit der umgebungsseitigen Elektrodenschicht 37 des Sensorkörpers 32 über eine positiv vorspannende Gleichstromquelle 42 verbunden ist. Die Vorspannungsregelungsschaltung 41 setzt sich im allgemeinen aus der positiv vorspannenden Gleichstromquelle 42, einer negativ vorspannenden Gleichstromquelle 43 und einer Wechselschalterschaltung 44 zusammen. Die negative Elektrode der positiv vorspannenden Gleichstromquelle 42 und die positive Elektrode der negativ vorspannenden Gleichstromquelle 43 sind mit der abgasseitigen Elektrodenschicht 36 verbunden.

Die Wechselschalterschaltung 44 verbindet wahlweise nur die positive Elektrode der positiv vorspannenden Gleichstromquelle 42 mit einer Sensorstromerfassungsschaltung 45, wenn sie in einen ersten Wahlzustand geschaltet ist. Wenn sie in einen zweiten Wahlzustand geschaltet ist, verbindet die Wechselschalterschaltung 44 nur die negative Elektrode der negativ vorspannenden Gleichstromquelle 43 mit der Sensorstromerfassungsschaltung 45. Wenn nämlich die Wechselschalterschaltung 44 in dem ersten Wahlzustand ist, spannt die positiv vorspannende Gleichstromquelle 42 die Festkörperelektrolytschicht 34 des Sensorkörpers 32 positiv vor, so

daß der Strom durch die Festkörperelektrolytschicht 34 in der positiven Richtung fließt.

Wenn andererseits die Wechselschalterschaltung 44 in dem zweiten Wahlzustand ist, spannt die negativ vorschaltende Gleichstromquelle 43 die Festkörperelektrolytschicht 34 vor, so daß ein Strom durch die Festkörperelektrolytschicht 34 in der negativen Richtung fließt. Die Anschlußspannungen der positiv und negativ vorschaltenden Gleichstromquellen 42, 43 entsprechen jeweils den vorstehend erwähnten aufgeführten Spannungen  $V_{pos}$  und  $V_{neg}$ .

Die Sensorstromerfassungsschaltung 45 erfaßt den Strom, der von der umgebungsseitigen Elektroden-schicht 37 des Sensorkörpers 32 zur Schalterschaltung 44 oder in umgekehrter Richtung fließt, d. h. den Strom, der durch die Festkörperelektrolytschicht 34 fließt. Eine Heizeinrichtungsregelungsschaltung 46 regelt lastabhängig die elektrische Energie, die von einer Batterie-energiequelle VB der Heizeinrichtung zugeführt wird, nämlich in Übereinstimmung mit der Heizeinrichtungs-temperatur und/oder der Elementtemperatur des Sauerstoffsensors 26, wodurch das Heizen durch die Heizeinrichtung 33 geregelt wird. Der durch die Heizeinrichtung 33 fließende Strom (Heizeinrichtungsstrom  $I_h$ ) wird durch einen Stromerfassungswiderstand 50 erfaßt.

Ein A/D-Wandler 47 wandelt den Strom, der durch die Sensorstromerfassungsschaltung 45 erfaßt wird ( $I_{pos}$ ,  $I_{neg}$  wie in Fig. 3 gezeigt ist), den Heizeinrichtungsstrom  $I_h$  und die auf die Heizeinrichtung 33 aufgebrachte Spannung (Heizeinrichtungsspannung  $V_h$ ) in entsprechende digitale Signale um und gibt die Signale an einen Mikrocomputer 48 aus. Der Mikrocomputer 48 weist eine zentrale Recheneinheit CPU 48a zum Ausführen zahlreicher Berechnungsvorgänge und einen Speicher 48b auf, der sich aus einem Nur-Lese-Speicher ROM und einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff RAM zusammensetzt. Gemäß vorgespeicherten Computerprogrammen regelt der Mikrocomputer 48 die Vorspannungsregelschaltung 41, die Heizeinrichtungsregelungsschaltung 46, eine elektronische Regeleinrichtung zum Regeln einer Kraftstoffeinspritzung (EFI) 49 und dergleichen. Die Kraftstoffeinspritzregeleinrichtung 49 nimmt zahlreiche Signale von den vorstehend erwähnten Sensoren als eine Motorinformation auf und erfaßt dabei eine Einlaßlufttemperatur  $T_{am}$ , einen Einlaßunterdruck  $P_m$ , eine Kühlmitteltemperatur  $T_{hw}$ , eine Motordrehzahl  $N_e$ , eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_s$  und dergleichen. Auf der Grundlage einer derartigen Motorinformation regelt die Kraftstoffeinspritzregeleinrichtung 49 eine durch die Einspritzregeleinrichtung 6 durchgeführte Krafteinspritzung.

Der Betrieb dieses Ausführungsbeispiels wird unter Bezugnahme auf Regelprogramme beschrieben, die durch die CPU 48a des Mikrocomputers 48 ausgeführt werden.

Fig. 4 zeigt ein Zeitdiagramm, das eine Heizeinrichtungsregelung wiedergibt, die vom Start einer Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 ansprechend auf den Start des Motors 1 bis zur ausreichenden Aktivierung des Sauerstoffsensors 26 durchgeführt wird. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann die Heizeinrichtungsregelung in vier Betriebsweisen (1)–(4) angesichts unterschiedlicher Zwecke und Regelverfahren unterteilt werden. Diese Regelbetriebsweisen werden aufeinanderfolgend beschrieben. Die Regelbetriebsweisen (1)–(3) werden durchgeführt, um die Heizeinrichtung 33 zu regeln, bevor der Sauerstoffsensor 26 aktiviert ist, und die Regelbetriebsweise (4) wird durchgeführt, um die Heiz-

einrichtung 33 zu regeln, nachdem der Sauerstoffsensor 26 aktiviert worden ist.

Bei der Regelbetriebsweise (1), die unmittelbar nach dem Start des Motors 1 ausgeführt wird, wird die Heizeinrichtungsspannung mit einem Lastwert von 100% auf die Heizeinrichtung 33 aufgebracht. Diese Regelung wird als "Regelung mit voller Leistung" bezeichnet. Die Maximalspannung wird nämlich auf die Heizeinrichtung 33 aufgebracht, um die Heizeinrichtung 33 schnell zu heizen, wenn die Heizeinrichtung 33 und das Sensorelement des Sensorkörpers 32 kalt sind. Die Regelbetriebsweisen (2) und (3) regeln die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33, um die Heizeinrichtungstemperatur auf einer Sollheizeinrichtungstemperatur (beispielsweise 1200°C, die der oberen Grenzhizeinrichtungstemperatur entspricht) zu halten. Nachfolgend werden diese Regelbetriebsweisen als "Energieregelung" bezeichnet. Da die Heizeinrichtungstemperatur insbesondere durch die Zuführenergie zur Heizeinrichtung 33 bestimmt wird, wenn die Elementtemperatur im wesentlichen der Aktivierungstemperatur (700°C) entspricht, kann die Temperatur der Heizeinrichtung 33 auf einem konstanten Wert gehalten werden, in dem eine Zufuhr einer vorbestimmten Energie fortgesetzt wird. Wenn jedoch die Elementtemperatur gering ist, verändert sich die Energiezufuhr, die zum Aufrechterhalten der Heizeinrichtungstemperatur auf einem konstanten Wert erforderlich ist, mit der Elementtemperatur. Normalerweise ist die erforderliche Energiezufuhr bei einer geringeren Elementtemperatur größer. Während der Energieregelung wird die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 in Übereinstimmung mit der Elementtemperatur geregelt, die in Beziehung zu der Elementtemperatur steht, wie in Fig. 5 angedeutet ist.

In einer anfänglichen Zeitspanne der Energieregelung ist jedoch die Elementimpedanz beträchtlich groß, d. h. sie übersteigt den maximal erfaßbaren Wert (beispielsweise 600Ω). In einem solchen Bereich, in dem eine Elementimpedanz nicht erfaßbar ist, wird die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung auf einem konstanten Wert (beispielsweise 60 W) gehalten (Regelbetriebsweise (2)). Wenn die Elementtemperatur angestiegen ist, so daß die Elementimpedanz 600Ω oder kleiner wird, wird dann die Energie in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz der Heizeinrichtung 33 zugeführt (Regelbetriebsweise (3)).

Die Regelbetriebsweise (4) führt eine Rückkopplungsregelung der Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 aus, um eine Sollimpedanz (entsprechend einer Solltemperatur) zu erreichen, um die Aktivierung des Sensorelements aufrechtzuerhalten (nachstehend als "Elementtemperatur-Rückkopplungsregelung" bezeichnet). Solange der Sauerstoffsensor 26 normal ist oder nicht verschlechtert ist, wird die Energiezufuhr so geregelt, daß die Elementimpedanz den Sollwert 30Ω (Solltemperatur 700°C) annimmt.

Eine Heizeinrichtungsregelungsroutine gemäß dem Ausführungsbeispiel wird unter Bezugnahme auf die Fig. 6 beschrieben. In Fig. 6 bestimmt die CPU 48a im Schritt 101, ob die Vorbedingung für die Elementtemperatur-Rückkopplungsregelung verwirklicht ist. Die Vorbedingung ist erfüllt, wenn die Elementimpedanz des Sauerstoffsensors 26 gleich oder kleiner als 30Ω ist. Die CPU 48a bestimmt im Schritt 102, ob die Vorbedingungen für die Energieregelung verwirklicht worden sind.

Zwei unterschiedliche Vorbedingungen sind getrennt voneinander in Übereinstimmung damit vorgesehen, ob der Sauerstoffsensor 26 (der Sensorkörper 32 und die

Heizeinrichtung 33) in einem Kaltzustand ist oder nicht. Wenn der Sauerstoffsensor 26 in dem Kaltzustand ist, ist die Vorbedingung erfüllt, wenn eine vorbestimmte Zeitlänge auf den Start der Regelung mit voller Leistung (die Regelbetriebsweise (1), die in Fig. 4 angedeutet ist) verstrichen ist. Wenn der Sauerstoffsensor 26 nicht länger im Kaltzustand ist, ist die Vorbedingung erfüllt, wenn der Heizeinrichtungswiderstand einen Sollheizeinrichtungswiderstand erreicht hat oder diesen übersteigt. Durch wahlweises Durchführen der Regelung mit voller Leistung, wenn der Sauerstoffsensor 26 im Kaltzustand ist, kann ein übermäßiger Anstieg der Heizeinrichtungstemperatur verhindert werden, wenn der Motor 1 nach einem kurzen Stop erneut gestartet wird.

Wenn sowohl im Schritt 101 als auch im Schritt 102 eine verneinende Bestimmung (NEIN) in einer anfänglichen Zeitspanne der Heizeinrichtungsregelung gemacht wird, geht die CPU 48a zu Schritt 103 über, um die Regelung mit voller Leistung der Heizeinrichtung 33 durchzuführen (Regelbetriebsweise (1)). Dann wird nämlich die Heizeinrichtungsspannung im 100%igen Lastverhältnis auf die Heizeinrichtung 33 aufgebracht.

Wenn im Schritt 102 die Vorbedingungen für die Energieregulation erfüllt sind (JA), geht die CPU 48a zu Schritt 104 über, um die Energieregulation auszuführen (Regelbetriebsweisen (2), (3)). Wenn, wie vorstehend beschrieben ist, die Elementimpedanz in dem unerfaßbaren Bereich ist (Elementimpedanz größer 600Ω), wird die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 auf einen unveränderlichen Wert geregelt (Regelbetriebsweise (2)). Wenn die Elementimpedanz erfaßbar wird, wird die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz geregelt, um die Heizeinrichtungstemperatur auf einer Sollheizeinrichtungstemperatur zu halten (Regelbetriebsweise (3)).

Wenn die Vorbedingung für die Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur im Schritt 101 in einer späteren Zeitspanne erfüllt ist, geht die CPU 48a zu Schritt 105 über, um die Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur auszuführen (Regelbetriebsweise (4)). Für diese Regelung berechnet die CPU 48a einen Heizeinrichtungsregelungslastwert DUTY auf der Grundlage der folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} DUTY &= DUTY.I + GP + GI \\ GP &= KP \cdot (Zdc - ZdcT) \\ GI &= GI + KI \cdot (Zdc - ZdcT) \end{aligned}$$

wobei DUTY.I ein Anfangswert des Regellastwerts DUTY ist; Zdc eine Elementimpedanz; und ZdcT eine Sollimpedanz. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist DUTY.I auf 20% gesetzt, ZdcT ist auf 30Ω gesetzt. GP ist ein proportionaler Ausdruck; GI ist ein integraler Ausdruck; KP ist eine proportionale Konstante und KI ist eine Integrationskonstante (gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist KP gleich 4,2%, KI gleich 0,2%). Diese Werte können experimentell bestimmt werden und werden sich in Übereinstimmung mit den Daten des Sauerstoffsensors 26 verändern.

In Fig. 7, die eine Elementimpedanzfassungsroutine darstellt, die während einer Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur durchgeführt wird (Schritt 105 in Fig. 6), bringt die CPU 48a im Schritt 201 eine vorbestimmte Spannung Vm (beispielsweise -1 V) in dem Elementimpedanzfassungsbereich in Fig. 8 auf und liest im nachfolgenden Schritt 202 den Strom Im, der durch die Sensorstromerfassungsschaltung der Fig. 2 erfaßt wird. Die CPU 48a berechnet dann im Schritt 203

die Elementimpedanz Zdc ( $Zdc = Vm/Im$ ) aus der aufgetragenen Spannung Vm und dem erfaßten Strom Im.

In dem Flußdiagramm der Fig. 9, die eine Berechnungsroutine für verarbeitete Daten darstellt, welche durch die CPU 48a beispielsweise mit einem Zyklus von 128 ms ausgeführt wird, liest die CPU 48a im Schritt 301 den Heizeinrichtungsstrom Ih ein, der durch den Stromerfassungswiderstand 50 erfaßt wird, der in Fig. 2 gezeigt ist, und liest im nachfolgenden Schritt 302 die Heizeinrichtungsspannung Vh ein.

Die CPU 48a berechnet dann einen Heizeinrichtungswiderstand Rh durch Teilen der Heizeinrichtungsspannung Vh durch den Heizeinrichtungsstrom Ih ( $Rh = Vh/Ih$ ) im Schritt 703 und multipliziert im Schritt 304 die Heizeinrichtungsspannung Vh mit dem Heizeinrichtungsstrom Ih, um die Heizeinrichtungszuführenergie oder -energie Wh ( $Wh = Vh \cdot Ih$ ) zu bestimmen. Dann berechnet die CPU 48a einen gewichteten Mittelwert (nachfolgend als Energiemittelwert "WHAV" bezeichnet) der Heizeinrichtungszuführenergie Wh durch eine Mittelwertberechnung mit einer 1/64-Gewichtung unter Verwendung der folgenden Gleichung:

$$WHAV = (63 \cdot WHAVi - 1 + WH)/64$$

Die Sollimpedanz wird so verändert, wie in Fig. 10 gezeigt ist. Solange der Sauerstoffsensor 26 nicht verschlechtert ist, wird die Sollimpedanz auf 30 gesetzt. Mit der Verschlechterung des Sauerstoffsensors 26 steigt die Impedanz entsprechend an und die Heizeinrichtungszuführenergie steigt an.

Die Heizeinrichtungszuführenergie, die erforderlich ist, um die Sollimpedanz aufrechtzuerhalten, entspricht im allgemeinen einer vorbestimmten elektrischen Energie. Wenn daher die Zuführenergie die vorbestimmte Energie übersteigt, kann bestimmt werden, daß sich der Sauerstoffsensor 26 verschlechtert hat, und die Sollimpedanz kann entsprechend der Verschlechterung verändert werden.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, ist KZdcT0 (30Ω) als die Sollimpedanz gesetzt, bis die Verschlechterung auftritt. Nach dem Auftreten der Verschlechterung wird die Sollimpedanz in KZdcT1 geändert, solange die Heizeinrichtungszuführenergie gleich oder größer als KWHAV1 und kleiner als KWHAV2 ist. Des Weiteren wird sie zu KZdcT2 verändert, solange die Heizeinrichtungszuführenergie gleich oder größer als KWHAV2 und kleiner als KWHAV3 ist. Sie wird zu KZdcT3 verändert, solange die Heizeinrichtungszuführenergie gleich oder größer als KWHAV3 ist. Hier sind, wie in der Figur gezeigt ist, die Heizeinrichtungszuführenergie und die Sollimpedanz so gesetzt, daß gilt  $KWHAV1 < KWHAV2 < KWHAV3 < KWHAV$  und  $KZdcT0 < KZdcT1 < KZdcT2 < KZdcT3$ .

Wenn die Heizeinrichtungszuführenergie weiter ansteigt und in den Bereich einer Abnormalität eintritt (wenn die Zuführenergie über KWHAV ist), wird bestimmt, daß der Sauerstoffsensor 26 abnormal ist. Weil nämlich der Luft-Kraftstoffverhältniserfassungsbereich verengt wird, wenn die Sollimpedanz ansteigt, wird bestimmt, daß der Sauerstoffsensor 26 abnormal ist, wenn das Erfassungsvermögen des Sauerstoffsensors 26 sein Limit erreicht.

Fig. 11 stellt ein Flußdiagramm einer Sollimpedanzveränderungsroutine dar, die den Vorgang der Fig. 10 durchführt. Dieses Flußdiagramm entspricht einem Schritt 505, der in Fig. 12 gezeigt ist und nachfolgend beschrieben wird.



Die CPU 48a bestimmt im Schritt 401, ob der Energiemittelwert WHAV gleich oder größer als KWHAV3 ist ( $WHAV \geq KWHAV3$ ). Wenn WHAV kleiner KWHAV3 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 402 über und bestimmt, ob der Energiemittelwert WHAV gleich oder größer als KWHAV2 ist ( $WHAV \geq KWHAV2$ ). Wenn WHAV kleiner als KWHAV2 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 403 über und bestimmt, ob der Energiemittelwert WHAV gleich oder größer als KWHAV1 ist ( $WHAV \geq KWHAV1$ ). Wenn WHAV kleiner KWHAV1 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 404 über und setzt die Sollimpedanz ZdcT auf KZdcT0, wodurch die Routine beendet wird.

Wenn WHAV größer gleich KWHAV1 im Schritt 403 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 407 über und setzt die Sollimpedanz ZdcT auf KZdcT1, wodurch die Routine beendet wird. Wenn WHAV größer gleich KWHAV2 im Schritt 402 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 406 über und setzt die Sollimpedanz ZdcT auf KZdcT2, wodurch die Routine beendet wird. Wenn WHAV größer gleich KWHAV1 im Schritt 401 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 405 über und setzt die Sollimpedanz ZdcT auf KZdcT3, wodurch die Routine beendet wird.

Wie vorstehend beschrieben ist, wird die Sollimpedanz in Übereinstimmung mit der Verschlechterung des Sauerstoffsensors 26 aus den Beziehungen, nämlich  $KWHAV1 < KWHAV2 < KWHAV3 < KWHAV$  und  $KZdcT0 < KZdcT1 < KZdcT2 < KZdcT3$  bestimmt.

Das Flußdiagramm der Fig. 12 stellt eine Routine zur Sensordiagnose oder zur Erfassung einer Abnormalität dar, die durch die CPU 48a beispielsweise in einem Zyklus von einer Sekunde ausgeführt wird. Die Sensordiagnoseroutine sucht nach einer Sensorabnormalität auf der Grundlage der Heizeinrichtungsenergiezufuhr Wh, die während der Durchführung der Rückkopplungsregelung der Elementtemperaturen benötigt wird. Da genauer gesagt die Heizeinrichtungsenergiezufuhr Wh ansteigt, die benötigt wird, um die Elementtemperatur auf einem Sollwert (beispielsweise 700°C) zu halten, wenn der Sauerstoffsensor 26 eine Abnormalität hat, kann die Sensorabnormalität einfach bestimmt werden, indem die Heizeinrichtungsenergiezufuhr Wh mit dem Normalwert verglichen wird. Der Ablauf der Diagnose wird unter Bezugnahme auf die Fig. 12 beschrieben.

Im Schritt 501 in Fig. 12 bestimmt die CPU 48a, ob eine vorbestimmte Dauer der Zeit KSTFB (beispielsweise 10 Sekunden) auf den Start der Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur verstrichen ist. Schritt 502 bestimmt, ob eine vorbestimmte Dauer der Zeit KAFST (beispielsweise 100 Sekunden) auf die letzte Bestimmung einer Abnormalität folgend verstrichen ist. Des weiteren bestimmt Schritt 503, ob ein stationärer Motorbetriebszustand (beispielsweise ein Leerlaufzustand) über eine vorbestimmte Dauer der Zeit KSMST (beispielsweise 5 Sekunden) fortgesetzt worden ist. Wenn in irgendeinem der Schritte 501–503 eine verneinende Bestimmung gemacht worden ist, beendet die CPU 48a unmittelbar diese Routine. Wenn in allen der Schritten 501–503 eine bejahende Bestimmung gemacht worden ist, geht die CPU 48a zu Schritt 504 über.

Die CPU 48a bestimmt im Schritt 504, ob der Leistungsmittelwert WHAV gleich einem vorbestimmten Heizeinrichtungsenergiekriterium KWHAV ist oder dieses übersteigt (ob  $WHAV \geq KWHAV$ ). Wenn WHAV kleiner KWHAV ist, wird angenommen, daß keine Sensorabnormalität aufgetreten ist. Die CPU 48a, die keine Sensorabnormalität bestimmt, geht dann zu Schritt 505 über und verändert die Sollimpedanz in

Übereinstimmung mit WHAV. Der vorstehend beschriebene Wert ZdcT wird zu diesem Zeitpunkt die geänderte Sollimpedanz. Die CPU 48a geht dann zu Schritt 506 über, um eine Abnormalitätsbestimmungskennung XELER auf "0" zu löschen, und beendet dann die Routine.

Wenn andererseits WHAV größer gleich KWHAV ist, dann geht die CPU 48a zu Schritt 507 über, um zu bestimmen, ob irgendeine Abnormalität aufgetreten ist, die sich von der Sensorabnormalität unterscheidet. Wenn keine derartige Abnormalität erfaßt worden ist, geht die CPU 48a zu Schritt 508 über, um zu bestimmen, ob die Abnormalitätsbestimmungskennung XELER auf "1" gesetzt worden ist. Wenn ZELER gleich Null ist, dann setzt die CPU 48a die Abnormalitätsbestimmungskennung XELER auf 1 im Schritt 509.

Wenn ZELER gleich 1 ist, geht die CPU 48a zu Schritt 510 über, um die Warnlampe 29 anzuschalten, um das Auftreten einer Abnormalität als einen Diagnoseanzeigevorgang anzuzeigen. Wenn beim Ablauf durch die Schritte 504–510 ein Auftreten einer Abnormalität ( $WHAV \geq KWHAV$ ) nacheinander zweimal bestimmt wird, dann wird der Diagnosevorgang durchgeführt.

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird, wie vorstehend beschrieben ist, im Schritt 503 bestimmt, ob der Motor in einem stationären Betriebszustand ist. Die Bestimmung des stationären Betriebszustandes wird auf der Grundlage der Motordrehzahl Ne und der Motorlast (Einlaßunterdruck oder dergleichen) gemacht, die durch die Kraftstoffeinspritzregelvorrichtung 49 erfaßt wird.

Eine Erfassung des Betriebszustandes wird zum Bestimmen der Abgastemperatur gemacht. Genauer gesagt beruht sie auf der Tatsache, daß die Heizeinrichtungsenergie über den vorbestimmten Wert ansprechend auf einen Anstieg der Elementimpedanz, der durch eine Sensorverschlechterung hervorgerufen wird, oder ansprechend auf einen Abfall der Abgastemperatur ansteigt. Der Sauerstoffsensor 26 wird nämlich ausreichend aktiviert, selbst wenn die Heizeinrichtungsenergie niedrig ist, solange die Abgastemperatur hoch ist. Er wird jedoch nicht aktiviert werden, außer wenn die Heizeinrichtungsenergie hoch ist, wenn die Abgastemperatur gering ist. Daher benötigt die Heizeinrichtung eine hohe Zuführenergie, wenn die Abgastemperatur gering ist. Somit muß die Heizeinrichtungsenergie in diesem Zustand unterschieden werden.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wird, solange der Sauerstoffsensor 26 nicht verschlechtert ist, die Zuführenergie zur Heizeinrichtung 33 rückgekoppelt geregelt (Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur in Fig. 6), so daß die Elementimpedanz (Elementtemperatur) des Sauerstoffsensors 26 zur Sollimpedanz 30Ω wird (Solltemperatur 700°C).

Wenn sich der Sauerstoffsensor 26 verschlechtert, wird die Sollimpedanz in Übereinstimmung mit seiner Verschlechterung verändert. Während dieses Vorgangs wird eine Abnormalität des Sensors bestimmt, wenn die Heizeinrichtungsenergie den Bestimmungswert der Heizeinrichtungsenergie übersteigt und eine Warnanzeige wird vorgesehen, indem die Warnlampe 29 angeschaltet wird.

Somit verändert sich die Sollimpedanz, die sich mit einem Anstieg der internen Impedanz des Elements 34 verändert, auf eine neue Sollimpedanz, so daß ein übermäßiger Temperaturanstieg des Sauerstoffsensor 26 durch die Regelung der Zuführenergie zur Heizeinrich-



tung 33 begrenzt werden kann. Des weiteren begrenzt diese Regelung eine Verschlechterung des Sauerstoffsensors 26, die anderenfalls durch den übermäßigen Temperaturanstieg des Sauerstoffsensors 26 unterstützt werden würde.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wird nicht nur die Sollimpedanz wiederholt in Übereinstimmung mit einer Verschlechterung des Sauerstoffsensors 26 verändert, sondern es erfolgt auch eine Abnormalitätsbestimmung des Sauerstoffsensors 26. D.h., daß die Abnormalität bestimmt wird, wenn der Heizeinrichtung eine Energie zugeführt wird, die dem Betriebslimit des Sauerstoffsensors 26 entspricht, wodurch der Betrieb des Sauerstoffsensors 26 aufrechterhalten wird. Wenn des weiteren die Verschlechterung über ein zulässiges Limit steigt, wird eine Verschwendung von elektrischer Energie begrenzt.

Weil beim vorliegenden Ausführungsbeispiel die Bestimmung einer Abnormalität nur innerhalb eines stationären Betriebszustands gemacht wird (Schritt 503 in Fig. 12), kann ein Einfluß der Abgastemperatur auf die Heizeinrichtungszuführenergie beseitigt werden, um ein richtiges Bestimmungsergebnis vorzusehen.

Obwohl die Sollimpedanz bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel schrittweise verändert wird, kann sie linear in Übereinstimmung mit einer Verschlechterung des Sauerstoffsensors 26 verändert werden.

#### (Zweites Ausführungsbeispiel)

Beim zweiten Ausführungsbeispiel, das in Fig. 13 dargestellt ist, ist der Schaltungsaufbau einer elektronischen Regeleinheit 40, die mit einem Sauerstoffsensor 26 verbunden ist, der eine Heizeinrichtung 33 umfaßt, gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel darin unterschiedlich, daß eine Vorspannungsregelungsschaltung 41 eine Sensorstromerfassungsschaltung 45 umfaßt und mit einem Mikrocomputer (MC) 48 über einen D/A-Wandler 47b und einen A/D-Wandler 47a verbunden ist. Eine Heizeinrichtungsregelungsschaltung 46 ist so aufgebaut, wie in Fig. 14 gezeigt ist. Die Heizeinrichtungsschaltung 46 umfaßt nämlich einen MOS-Transistor 46a, der zwischen einem Schalter 46b und der Heizeinrichtung 33 angeschlossen ist, so daß der MOS-Transistor 46a eine Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 ansprechend auf ein An- und Abschalten des Schalters 46b regelt, der durch den Mikrocomputer 48 geregelt ist. Die Schaltung 46 umfaßt des weiteren einen Betriebsverstärker 46c, der mit der Heizeinrichtung 33 verbunden ist, um eine Spannung (Heizeinrichtungsspannung  $V_h$ ) über der Heizeinrichtung 33 anzulegen, und einen Betriebsverstärker 46e, der an die Heizeinrichtung über einen Widerstand 46d angeschlossen ist, um eine Spannung vorzusehen, die einen Strom anzeigt (Heizeinrichtungsstrom  $I_h$ ), der durch die Heizeinrichtung 33 fließt. Der Mikrocomputer 48, der diese Erfassungswerte durch einen A/D-Wandler 47 aufnimmt, führt eine Heizeinrichtungsregelung in der vorliegenden Weise aus.

Wie in Fig. 15 dargestellt ist, bestimmt die CPU 48a des Mikrocomputers 48 im Schritt 1010, ob eine Elementimpedanz  $Z_{dc}$  gleich oder kleiner als ein Bestimmungsbezugswert ( $200\Omega$ ) ist, der einem halb-aktivierten Zustand des Sensorkörpers entspricht. Die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wird erfaßt, wie in Fig. 18 gezeigt ist, indem vorübergehend die Spannung zu dem Sauerstoffsensor 26 in positive und negative Richtungen zum Zeitpunkt der Ele-

mentimpedanzfassung verändert wird, um Veränderungen in dem Strom hervorzurufen. Die Impedanz  $Z_{dc}$  wird durch die CPU 48a als  $Z_{dc} = \Delta V / \Delta I$  berechnet, wobei  $\Delta V$  und  $\Delta I$  jeweils den positiven oder negativen Veränderungen der Sensorspannung und des Sensorstroms entsprechen. Die Impedanz kann alternativ dazu unter Verwendung von sowohl den positiven als auch den negativen Veränderungen berechnet werden, oder indem  $Z_{dc} = V_{neg} / I_{neg}$  wie beim ersten Ausführungsbeispiel verwendet wird.

Die CPU 48a macht eine verneinende Bestimmung (NEIN), wenn die Elementtemperatur noch gering ist, wie beispielsweise bei einem Motorkaltstart, und geht zu Schritt 1020 über, um eine Regelung mit voller Leistung auszuführen. Diese Energiezufuhr mit einem Lastverhältnis von 100% wird fortgesetzt, bis die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  auf  $200\Omega$  oder darunter abgesunken ist.

Wenn die CPU 48a aufgrund eines Heizvorgangs der Heizeinrichtung 33 eine bejahende Bestimmung (JA) macht, wird bestimmt, ob die Impedanz  $Z_{dc}$  gleich oder kleiner als ein Startbezugswert einer Impedanzrückkopplungsregelung ist, der so gesetzt ist, daß er der Aktivierung des Sensors 26 entspricht und auf ungefähr  $Z_{dc}$  (Sollimpedanz) plus  $10\Omega$  gesetzt ist. Wenn die anfängliche Sollimpedanz vor einer Sensorverschlechterung  $30\Omega$  ist, wird der Startbezugswert der Impedanzrückkopplungsregelung auf  $40\Omega$  gesetzt. Wenn die Bestimmung aufgrund einer unvollständigen Sensoraktivierung verneinend ist, geht die CPU 48a zu Schritt 1040 über, um eine Heizeinrichtungsenergieregulation auszuführen. Eine erforderliche Heizeinrichtungszuführenergie wird nämlich durch die erfaßte Elementimpedanz  $Z_{dc}$  auf der Grundlage einer vorbestimmten Beziehung bestimmt, die in Fig. 19 dargestellt ist, und das Energiezufuhrverhältnis wird aus der erforderlichen Heizeinrichtungszuführenergie berechnet.

Wenn andererseits im Schritt 1030 bejahend bestimmt wird, geht die CPU 48a vom Schritt 1030 zu Schritt 1100 über, um die Sollelementimpedanz  $Z_{dcT}$  zu setzen, und dann zu Schritt 1050 über, um eine Rückkopplungsregelung einer Elementimpedanz auszuführen. Bei dieser Regelung wird das Regelungslastverhältnis Duty wie folgt berechnet, wobei  $i-1$  einen vorangehenden Berechnungszyklus wiedergibt. Die CPU 48a berechnet auch eine erforderliche Zuführenergie WHR in Übereinstimmung mit dem berechneten Lastverhältnis Duty.

$$\text{Duty} = GP + GI + GD;$$

$$\text{wobei } GP = KP \cdot (Z_{dc} - Z_{dcT}),$$

$$GI = GI_i - 1 + KI \cdot (Z_{dc} - Z_{dcT}), \text{ und}$$

$$GD = KD \cdot (Z_{dc} - Z_{dcT}).$$

Die CPU 48a, die dann eine Rückkopplungsausführungskennung XFB auf 1 im Schritt 1060 setzt, bestimmt im Schritt 1070, ob die berechnete oder erforderliche Zuführenergie WHR gleich oder größer als ein vorbestimmtes Maximallimit WHGD ist (d. h. den Zuführenergieschutzwert). Wenn bejaht wird, d. h., wenn die erforderliche Zuführenergie zu groß ist, begrenzt die CPU 48a die Zuführenergie WHR auf das Maximallimit WHGD im Schritt 1080. Somit wird auch das berechnete Lastverhältnis Duty auf ein begrenztes Lastverhältnis begrenzt, das dem Maximallimit der Zuführenergie entspricht. Wenn WHR kleiner WHGD ist, beendet die CPU 48a diese Routine, so daß der Heizeinrichtung eine erforderliche Zuführenergie zugeführt wird, wie berechnet ist.

Im Schritt 1100 zum Setzen der Sollimpedanz in Fig. 15, bestimmt, wie detailliert in Fig. 16 dargestellt ist, die CPU 48a, ob die Impedanzrückkopplungskennung XFB gleich 1 ist. Wenn XFB gleich 0 ist, wodurch angezeigt wird, daß keine Rückkopplung ausgeführt wird, liest die CPU 48a im Schritt 1120 die Sollimpedanz ZdcT aus einem Sicherheitsspeicher mit wahlfreiem Zugriff Back-up RAM 48d des Mikrocomputers 48 aus und setzt sie als eine anfängliche Sollimpedanz, so daß diese anfängliche Impedanz zum Zeitpunkt des Starts der Impedanzrückkopplungsregelung des Schritts 1050 in Fig. 15 verwendet werden kann. Wenn XFB gleich 1 ist, wodurch angezeigt wird, daß die Impedanzrückkopplungsregelung ausgeführt wird, geht andererseits die CPU 48a zu Schritt 1130 über, um eine tatsächliche Heizeinrichtungszuführenergie WHA aus der erfaßten Heizeinrichtungsspannung  $V_h$  und dem Heizeinrichtungsstrom  $I_h$  zu berechnen, d. h.  $WHA = V_h \cdot I_h$ .

Die CPU 48a vergleicht dann im Schritt 1140 die tatsächliche Zuführenergie WHA mit dem Maximallimit WHGD. Wenn NEIN bestimmt wird (d. h.,  $WHA < WHGD$ ), löscht die CPU 48a im Schritt 1150 ihren Zähler, der die Zeitdauer mißt, zu der WHA größer gleich WHGD ist, und hält dann im Schritt 1160 die Sollimpedanz ZdcT zu diesem Zeitpunkt aufrecht, so daß diese Sollimpedanz ZdcT bei der Impedanzrückkopplungsregelung in Fig. 15 verwendet wird.

Wenn  $WHA \geq WHGD$  im Schritt 1140 ist, zählt die CPU 48a im Schritt 1170 die Zeit hoch, zu der  $WHA \geq WHGD$  ist, und bestimmt im Schritt 1180, ob die gemessene Zeit eine vorbestimmte Zeitdauer erreicht (beispielsweise 5 Minuten). Bei der bejahenden Bestimmung erhöht die CPU 48a im Schritt 1190 die Sollimpedanz ZdcT durch einen Zuwachswert  $\alpha$ , d. h. von ZdcT auf  $ZdcT + \alpha$ . Die so im Schritt 1190 veränderte Sollimpedanz ZdcT wird in dem Sicherheitsspeicher mit wahlfreiem Zugriff Back-up RAM 48d gespeichert, der seinen Speicherinhalt selbst nach einem Motorstop behält, so daß die gespeicherte Sollimpedanz ZdcT im Schritt 1120 ausgelesen werden kann, wenn die Heizeinrichtungsregelung zum nächsten Mal wieder durchgeführt wird.

Es ist bei den vorstehenden Routinen zu verstehen, daß das Verarbeiten durch die CPU 48a in der Reihenfolge 1140, 1170, 1180 und 1190 einen Anstieg der Elementimpedanz Zdc aufgrund der Sensorverschlechterung bedeutet. Wenn die Impedanzrückkopplungsregelung unter Beibehaltung ihrer anfänglichen Sollimpedanz fortgesetzt wird, kann leicht ein übermäßiges Heizen des Fühlelements hervorgerufen werden. Daher wird die Sollimpedanz ZdcT verändert, um das Fühlelement vor einem Überheizen zu schützen, welches das Fühlelement negativ verschlechtern würde.

Das in den vorangehenden Routinen Fig. 15 und 16 verwendete Maximallimit (Schutzlimit) WHGD der Zuführenergie wird durch eine Setzroutine bestimmt, die in Fig. 17 dargestellt ist.

Die CPU 48a bestimmt zuerst im Schritt 2010, ob die Heizeinrichtung 33 mit einem Lastverhältnis von 100% geregelt wird. Wenn JA bestimmt wird, endet die Routine ohne daß irgendein Limit WHGD gesetzt wird.

Wenn die Bestimmung NEIN ist, bestimmt jedoch die CPU 48a im Schritt 2020, ob die Impedanzrückkopplungsregelungskennung XFB gleich 1 ist. Wenn XFB gleich 0 ist, was eine Durchführung der Energieregulierung wiedergibt, setzt die CPU 48a im Schritt 2030 das Maximallimit WHGD in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz Zdc auf der Grundlage einer vorbestimmten

Beziehung, die in Fig. 20 dargestellt ist.

In Fig. 20 steigt das Limit WHGD proportional zur Elementimpedanz an, solange die Elementimpedanz innerhalb des Bereichs von Zdc gleich  $30\Omega$  (anfängliche Sollimpedanz zum Starten der Impedanzrückkopplungsregelung) bis  $200\Omega$  ist, während es unterhalb  $30\Omega$  und über  $200\Omega$  unverändert bleibt. Wenn daher die Energieregulierung durchgeführt wird ( $40\Omega < Zdc < 200\Omega$  und  $XFB = 0$ ), wird das Limit WHGD auf einen Wert zwischen KGDA und KGDB gesetzt. Die Beziehung in Fig. 20 wird bestimmt unter der Annahme, daß die Sollimpedanz ZdcT gleich  $30\Omega$  ist. Wenn die Sollimpedanz ZdcT in der Routine der Fig. 16 so verändert wird, daß sie größer ist, wird das Maximallimit auch so verändert, daß es größer wird.

Wenn XFB gleich 1 ist, bestimmt die CPU 48a im Schritt 2040, ob eine Limitsetzkennung XINT gleich 0 ist. Die Kennung XINT bedeutet, daß das Limit WHGD auf den anfänglichen Wert nach dem Start der Heizeinrichtungsregelung durch die Elementrückkopplungsregelung gesetzt worden ist. Weil anfänglich  $XINT = 0$  gilt, erhöht die CPU 48a einen Rückkopplungsstartzähler CFB im Schritt 2050 und bestimmt dann, ob der Zähler CFB einen vorbestimmten Wert KCFB im Schritt 2060 erreicht hat. Der vorbestimmte Wert KCFB wird so gesetzt, daß er einer Zeitspanne entspricht (beispielsweise 30 Sekunden), die erforderlich ist, um den Sauerstoffsensor 26 gleichmäßig nach dem Kaltzustand zu heizen.

Wenn CFB kleiner KCFB ist, geht die CPU 48a zu Schritt 2070 über, um das Limit WHGD auf KWFB1 zu setzen, welches dem Limit WHGD zu dem Zeitpunkt entspricht, zu dem ZdcT gleich  $30\Omega$  ist (Fig. 20). Die Routine wird dann beendet. Wenn CFB größer KCFB im Schritt 2060 ist, setzt die CPU 48a die Limitsetzkennung XINT auf 1 im Schritt 2080 und löscht den Zähler CFB auf den Wert 0 im Schritt 2090. Die CPU 48a setzt danach im Schritt 2100 das Limit WHGD auf KWFB2, was dem normalen Wert des Zuführenergielimits nach der Sensoraktivierung entspricht und kleiner als KWFB1 ist (Fig. 20).

Wenn die Limitsetzkennung XINT einmal auf 1 im Schritt 2080 gesetzt worden ist, wiederholt die CPU 48a die negative Bestimmung im Schritt 2040 und bestimmt im Schritt 2110, ob die Elementimpedanz Zdc gleich oder größer als ein Bestimmungsbezugswert KZdc ist, der höher als die Sollimpedanz ZdcT ist, die wie vorstehend beschrieben geändert ist. Die CPU 48a geht dann zu Schritt 2100 ansprechend auf die verneinende Bestimmung ( $Zdc < KZdc$ ) über, während sie zu Schritt 2120 ansprechend auf die bejahende Bestimmung ( $Zdc \geq KZdc$ ) übergeht, um das Limit WHGD auf  $KWFB2 + \beta$  zu erhöhen.

Das zweite Ausführungsbeispiel arbeitet in der Weise, die in Fig. 21 dargestellt ist, wobei angenommen wird, daß der Motor gestartet wird, wenn der Sauerstoffsensor 26 noch kalt ist, d. h., wenn die anfängliche Elementimpedanz Zdc über  $200\Omega$  ist.

Zum Zeitpunkt t1, wenn die Elementimpedanz Zdc auf  $200\Omega$  abfällt, wird die Energiezufuhrregelung zur Heizeinrichtung 33 von einer Energie mit einem Lastverhältnis von 100% (Schritt 1020 in Fig. 15) auf die Energieregulierung geändert, bei der die Heizeinrichtungszuführenergie durch die Elementimpedanz Zdc geregelt wird (Schritt 1040 in Fig. 15). Das Limit WHGD wird in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz gesetzt, wie in Fig. 20 gezeigt ist (Schritt 2030 in Fig. 17).

Wenn die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  auf den Startbezugswert zur Impedanzrückkopplung ( $40\Omega$  anfänglich vor einer Sensorverschlechterung) zum Zeitpunkt  $t_2$  abfällt, startet die Impedanzrückkopplungsregelung und die Rückkopplungsausführungskennung wird auf 1 gesetzt (Schritte 1050 und 1060 in Fig. 15). Das Maximallimit WHGD wird auf KWFB1 gesetzt.

Zu diesem Zeitpunkt  $t_2$  startet der Rückkopplungsstartzähler CFB mit seiner Aufwärtszählung. Wenn der Wert von CFB den vorbestimmten Wert KCFB zum Zeitpunkt  $t_3$  erreicht, wird die Limitsetzkennung XINT auf 1 gesetzt und gleichzeitig wird das Limit WHGD von KWFB1 auf KWFB2 geändert. Das Limit WHGD wird anschließend auf KWFB2 gehalten. Die tatsächliche Heizeinrichtungszuführenergie WHA verringert sich allmählich mit einem Anstieg der Sensortemperatur. Wenn die Elementtemperatur einmal die Aktivierungstemperatur erreicht hat, wird die Elementtemperatur ungefähr auf der Aktivierungstemperatur gehalten.

Es kann jedoch passieren, daß die Elementtemperatur abfallen wird, um geringer als die Aktivierungstemperatur zu sein, wenn die Abgastemperatur schnell zum Zeitpunkt von Motorübergangsvorgängen wie beispielsweise einer Kraftstoffunterbrechung fällt, die keine Gemischverbrennungswärme erzeugt. In diesem Fall wird, wie in Fig. 21 gezeigt ist, die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  sich mit Veränderungen der Elementtemperatur nach dem Zeitpunkt  $t_4$  verändern. Die Impedanz  $Z_{dc}$  wird nämlich mit einem Abfall der Elementtemperatur ansteigen. Wenn die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  über den Bezugswert  $KZ_{dc}$  ansteigt, wird das Limit WHGD um den Betrag  $\beta$  erhöht. Wenn die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  unter den Bezugswert  $KZ_{dc}$  wird, wird das Limit WHGD wieder auf den Wert KWFB2 zurückgeführt.

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden die folgenden Vorteile vorgesehen:

(a) Da die Heizeinrichtungszuführenergie WH durch das Maximalenergielimit WHGD begrenzt ist, wird die Heizeinrichtungszuführenergie stabil vorgesehen und daher wird ein übermäßiges Heizen durch die Heizeinrichtung 33 begrenzt, selbst wenn sich der Sauerstoffsensor 26 verschlechtert oder wenn sich die Sensorumgebung wie beispielsweise die Motorabgastemperatur verändert.

(b) Da das Maximallimit WHGD höher als normal gesetzt ist, bis der Sauerstoffsensor 26 einheitlich und nicht nur lokal aufgeheizt ist (Schritt 2070 in Fig. 17), kann eine Aktivierung des Sauerstoffsensors 26 aus einem Kaltzustand gefördert werden. Dies liegt daran, weil eine höhere Zuführenergie mehr Wärme vorsehen wird, die das Ausbreiten der Wärme von der Heizeinrichtung 33 zu den umgebenden Bereichen mit geringer Temperatur aufgleichen wird.

(c) Da das Maximallimit WHGD in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz  $Z_{dc}$  gesetzt ist (Schritt 2030 in Fig. 17), kann das Limit selbst in dem Fall geeignet gesetzt werden, bei dem die Heizeinrichtungszuführenergie in einem offenen Regelkreis geregelt wird.

(d) Während der Elementimpedanzrückkopplungsregelung wird, wenn bestimmt wird, daß die tatsächliche Heizeinrichtungszuführenergie WHA größer als das Maximallimit WHGD über eine vorbestimmte Zeitspanne ist (Schritt 1190 in Fig. 16), die Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  erhöht (Schritt 1190 in

Fig. 16). Da der Sauerstoffsensor 26 sich verschlechtert und sich seine Elementimpedanz  $Z_{dc}$  erhöht, ist es wahrscheinlich, daß die Zuführenergie WH übermäßig ansteigt und das Fühlelement überheizt. Wie in Fig. 22 gezeigt ist, kann die Sensortemperatur auf der optimalen Aktivierungstemperatur ( $700^\circ\text{C}$ ) gehalten werden, indem die Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  auf  $30\Omega$  vor einer Sensorverschlechterung gesetzt wird. Nach der Sensorverschlechterung würde dieselbe Impedanzrückkopplungsregelung einen übermäßigen Elementtemperaturanstieg hervorrufen. Die Elementtemperatur wird höher werden, wenn sich der Sauerstoffsensor 26 stärker verschlechtert. Wenn sich der Sauerstoffsensor 26 verschlechtert, steigt die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  an und die tatsächliche Heizeinrichtungszuführenergie WH steigt auf das Limit WHGD. Wenn  $WH \geq WHGD$  fortgesetzt wird, wird bestimmt, daß sich der Sauerstoffsensor verschlechtert hat. Wenn die Sensorverschlechterung aus der Heizeinrichtungszuführenergie bestimmt wird, kann daher die Elementtemperatur auf der optimalen Aktivierungstemperatur ( $700^\circ\text{C}$ ) während der Elementimpedanzrückkopplungsregelung gehalten werden, indem die Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  auf einen höheren Wert gesetzt wird.

(e) Zu dem Zeitpunkt des Veränderns oder Erneuerns der Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  wird die neue Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  jedesmal in dem Sicherheits-Speicher mit wahlfreiem Zugriff Back-up RAM 48d gespeichert, so daß die Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  nicht jedesmal in Übereinstimmung mit der Sensorverschlechterung berechnet werden muß, wenn der Motor gestartet wird. Die übermäßige Verschlechterung (Abnormalität) des Sauerstoffsensors 26 kann bestimmt werden, wenn die Sollimpedanz  $Z_{dcT}$  bis auf einen vorbestimmten Bezugswert angestiegen ist.

(f) Wenn die Elementimpedanz  $Z_{dc}$  den Bestimmungsbezugswert  $KZ_{dc}$  übersteigt, wird das Maximallimit WHGD der Heizeinrichtungszuführenergie WH um den Betrag  $\beta$  erhöht (Schritt 212 in Fig. 17). Selbst wenn der Motor stark verzögert wird und ohne Kraftstoffzufuhr läuft, wodurch ein Abfall der Temperatur des Sauerstoffsensors 26 und der Anstieg der Elementimpedanz  $Z_{dcT}$  hervorgerufen wird, wird daher die Heizeinrichtungszuführenergie zur Heizeinrichtung 33 zugeführt, um die Aktivierung und die Ansprechigenschaften des Sauerstoffsensors 26 aufrechtzuerhalten.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel kann wie folgt abgewandelt werden.

Obwohl das Maximallimit WHGD von KWFB1 auf KWFB2 in Abhängigkeit des Verstreichens der Zeit KCFB (Schritt 2060) nach dem Start der Elementimpedanzrückkopplungsregelung in der Routine der Fig. 17 umgeschaltet wird, kann es allmählich von KWFB1 auf KWFB2 verändert werden. KWFB1 kann so gesetzt sein, daß es sich in Übereinstimmung mit der Zeit seit dem Motorstart zum Start der Elementimpedanzrückkopplungsregelung verändert. Vorzugsweise wird KWFB1 verringert, um sich KWFB2 zu nähern, wenn die Zeit kürzer wird. KWFB1 muß nicht zum Zeitpunkt der anfänglichen Sensorheizung gesetzt werden.

Das Maximallimit KWFB1 zum Zeitpunkt des Starts der Elementimpedanzrückkopplungsregelung kann durch zugeordnete Daten gesetzt werden, die in den

Fig. 23 und 24 dargestellt sind. KWFB1 wird nämlich erhöht, wenn der anfängliche Heizeinrichtungswiderstand abnimmt oder die anfängliche Elementimpedanz ansteigt (Fig. 23), während KWFB1 abnimmt, wenn die Motorlast ansteigt (Fig. 24).

Bei der Heizeinrichtungsregelung kann die Elementimpedanzrückkopplungsregelung nach der Sensoraktivierung weggelassen werden und die Energieregulierung, die bis zur Sensoraktivierung durchgeführt worden ist, kann selbst nach der Sensoraktivierung fortgesetzt werden. In diesem Fall kann das Überheizen des Fühlelements durch Verwendung des Maximallimits WHGD begrenzt werden. Da die Elementimpedanz der Elementtemperatur entspricht, kann das Maximallimit in Übereinstimmung mit der Elementimpedanz gesetzt werden.

Obwohl das Maximallimit WHGD durch Vergleich der Elementimpedanz  $Z_{dc}$  mit dem Bestimmungsbezugswert  $KZ_{dc}$  verändert wird (Schritte 2110 und 2120 in Fig. 17), so daß ein Abfall der Fühlelementtemperatur, der hauptsächlich durch den Abfall der Abgastemperatur hervorgerufen wird, ausgeglichen wird, kann das Maximallimit WHGD mit einem Abfall der Abgastemperatur erhöht werden.

Der Abfall der Abgastemperatur kann direkt aus der Abgastemperatur oder indirekt aus der Zeitspanne seit der Kraftstoffzuführunterbrechung erfaßt werden.

Der Sauerstoffsensor kann in anderer Bauweise sein, der zwei Spannungswerte in Abhängigkeit eines Luft-Kraftstoffverhältnisses erzeugt, das fetter oder magerer als das stöchiometrische Verhältnis ist.

Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf das beschrieben wurde, was gegenwärtig als deren bevorzugte Ausführungsbeispiele angenommen wird, ist zu verstehen, daß die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Im Gegensatz dazu soll die Erfindung dazu dienen, zahlreiche Abwandlungen und äquivalente Anordnungen abzudecken, die in den Schutzbereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

Das Fühlelement 34 des Sauerstoffsensors 26 wird geregelt, um eine Sollimpedanz einzuhalten, so daß eine Aktivierungstemperatur des Sauerstoffsensors aufrechterhalten wird. Mit einer Verschlechterung des Fühlelements steigt seine interne Impedanz an und eine Energiezufuhr zu der Heizeinrichtung 33 zum Heizen des Fühlelements steigt an. Die Sauerstoffsensortemperatur steigt übermäßig über eine Aktivierungstemperatur an. Zum Begrenzen des übermäßigen Temperaturanstiegs wird die Sollimpedanz verändert, wenn die Zuführenergie zur Heizeinrichtung 33 einen vorbestimmten Bezugswert übersteigt. Die Sollimpedanz kann mit einem Anstieg der Energiezufuhr zur Heizeinrichtung 33 erhöht werden. Wahlweise wird die Heizeinrichtungszuführenergie auf ein vorbestimmtes Maximum begrenzt, um einen übermäßigen Temperaturanstieg zu beschränken.

#### Patentansprüche

1. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung mit einem Sauerstoffsensor (26), der ein Fühlelement (34) zum Ausgeben eines zu einer Sauerstoffkonzentration proportionalen Stromes und eine Heizeinrichtung (33) zum Heizen des Fühlelements hat; einer Elementimpedanzfassungseinrichtung (201—203) zum Erfassen einer Impedanz des Fühlelements;

einer Heizeinrichtungszuführenergieeinrichtung (105) zum Durchführen einer Rückkopplungsregelung der Zuführenergie zur Heizeinrichtung, um dadurch die durch die Elementimpedanzfassungseinrichtung erfaßte Elementimpedanz auf einer Sollimpedanz zu halten;

einer Verschlechterungsbestimmungseinrichtung (401—403) zum Bestimmen einer Verschlechterung, die einen Anstieg der internen Impedanz des Fühlelements hervorruft;

einer Sollimpedanzveränderungseinrichtung (405—407) zum Verändern der Sollimpedanz entsprechend auf eine Bestimmung der Verschlechterung.

2. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung mit einem Sauerstoffsensor (26), der ein Fühlelement (34) zum Ausgeben eines zu einer Sauerstoffkonzentration proportionalen Stromes und eine Heizeinrichtung (33) zum Heizen des Fühlelements hat; einer Elementimpedanzfassungseinrichtung (201—203) zum Erfassen einer Impedanz des Fühlelements;

einer Heizeinrichtungszuführenergieeinrichtung (101—103) zum Durchführen einer Rückkopplungsregelung der Zuführenergie zur Heizeinrichtung, um die durch die Elementimpedanzfassungseinrichtung erfaßte Elementimpedanz auf einer Sollimpedanz zu halten;

einer Heizeinrichtungszuführenergieerfassungseinrichtung (301—305) zum Erfassen einer Heizeinrichtungszuführenergie (WHAV); einer Heizeinrichtungszuführenergievergleichseinrichtung (401—403) zum Erfassen der erfaßten Heizeinrichtungszuführenergie mit einem vorbestimmten Bestimmungsbezugswert;

einer Sollimpedanzveränderungseinrichtung (405—407) zum Verändern der Sollimpedanz entsprechend auf ein Vergleichsergebnis der Heizeinrichtungszuführenergievergleichseinrichtung, das angibt, daß die Heizeinrichtungszuführenergie über dem vorbestimmten Bestimmungsbezugswert liegt.

3. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Heizeinrichtungszuführenergievergleichseinrichtung (401—403) eine erste Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der Heizeinrichtungszuführenergie mit einem ersten Bestimmungsbezugswert und eine zweite Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der Heizeinrichtungszuführenergie mit einem zweiten Bestimmungsbezugswert aufweist, der größer als der erste Bestimmungsbezugswert ist; und

daß die Sollimpedanzveränderungseinrichtung (405—407) die Sollimpedanz auf eine erste Sollimpedanz entsprechend auf ein Vergleichsergebnis der ersten Vergleichseinrichtung erhöht, das anzeigt, daß die Heizeinrichtungszuführenergie den ersten Bestimmungsbezugswert erreicht, und auf eine zweite Sollimpedanz erhöht, die größer als der erste Bestimmungsbezugswert ist, entsprechend auf ein Vergleichsergebnis der zweiten Vergleichseinrichtung, das anzeigt, daß die Heizeinrichtungszuführenergie den zweiten Bestimmungsbezugswert erreicht.

4. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Sensorabnor-

malitätsbestimmungseinrichtung (504, 506—510) zum Bestimmen einer Abnormalität des Sauerstoffsensors, wenn die Heizeinrichtungszuführenergie (WHAV) einen Abnormalitätsbestimmungsbezugswert (KWHAV) übersteigt, der größer als der erste Bestimmungsbewertungswert ist.

5. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch

10 eine Betriebszustandserfassungseinrichtung (49) zum Erfassen eines Betriebszustands eines Motors (1);

eine Initiierungseinrichtung (503), die, wenn der erfaßte Betriebszustand in einen stationären Zustand eintritt, einen Regelvorgang durch die Heizeinrichtungszuführenergieeinrichtung und einen Impedanzveränderungsvorgang der Sollimpedanzveränderungseinrichtung initiiert.

15 6. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung mit einem Sauerstoffsensor (26), der ein Fühlelement (34) zum Ausgeben eines zu einer Sauerstoffkonzentration proportionalen Stroms und eine Heizeinrichtung (33) zum Heizen des Fühlelements hat; einer Elementimpedanzfassungseinrichtung (201—203) zum Erfassen einer Impedanz des Fühlelements;

20 einer Heizeinrichtungszuführenergieeinrichtung (101—103) zum Durchführen einer Rückkopplungsregelung einer Zuführenergie zur Heizeinrichtung, um dadurch die durch die Elementimpedanzfassungseinrichtung erfaßte Elementimpedanz auf einer Sollimpedanz zu halten;

einer Heizeinrichtungszuführenergieerfassungseinrichtung (301—305) zum Erfassen der Heizeinrichtungszuführenergie;

25 einer Sollimpedanzsetzungseinrichtung (401—407) zum Setzen der Sollimpedanz derart, daß die Sollimpedanz mit einem Abfall der erfaßten Heizeinrichtungszuführenergie ansteigt.

7. Sauerstoffsensorheizregelverfahren mit folgenden Schritten

40 Erfassen einer internen Impedanz (201—203) eines Fühlelements (34) eines Sauerstoffsensors (26);

Heizen des Fühlelements (101—103) durch eine Heizeinrichtung (33), um eine Sollimpedanz zu erreichen;

Bestimmen einer Verschlechterung (401—403) des Sauerstoffsensors auf Grundlage der erfaßten internen Impedanz des Fühlelements;

50 ansteigendes Verändern der Sollimpedanz (405—407) entsprechend auf die bestimmte Verschlechterung des Sauerstoffsensors.

8. Sauerstoffsensorheizregelverfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß

55 der Verschlechterungsbestimmungsschritt (401—403) eine Zuführenergie zur Heizeinrichtung mit einem Verschlechterungsbestimmungsbezugswert vergleicht;

wobei der Sollimpedanzveränderungsschritt (405—407) die Sollimpedanz erhöht, wenn die Zuführenergie den Bestimmungsbezugswert erreicht.

9. Sauerstoffsensorheizregelverfahren nach Anspruch 8,

60 gekennzeichnet durch die Schritte

Bestimmen einer Abnormalität (504, 506—510) des Sauerstoffsensors durch Vergleichen der Zuführenergie zur Heizeinrichtung mit einem Abnormalitätsbestimmungsbezugswert, der größer als der erste Bestimmungsbewertungswert ist;

tätsbestimmungsbezugswert, der größer als der Verschlechterungsbestimmungsbezugswert ist;

Außer-Kraft-Setzen (507—510) des Impedanzveränderungsschrittes, wenn die Zuführenergie den Abnormalitätsbestimmungsbezugswert erreicht.

10. Sauerstoffsensorheizregelverfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß

der Verschlechterungsbestimmungsschritt (401—403) die Zuführenergie zur Heizeinrichtung mit einer Vielzahl von Verschlechterungsbestimmungsbezugswerten vergleicht;

wobei der Sollimpedanzveränderungsschritt (405—407) die Sollimpedanz auf einen höheren Wert erhöht, wenn die Zuführenergie einen höheren der Bestimmungsbezugswerte erreicht.

11. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung mit einem Sauerstoffsensor (26), der ein Fühlelement (34) und eine Heizeinrichtung (33) zum Heizen des Fühlelements hat;

einer Energiezufuhreinrichtung (46) zum Versorgen der Heizeinrichtung mit einer Heizeinrichtungszuführenergie, um damit das Fühlelement zu heizen;

einer Limitsetzungseinrichtung (2010—2100) zum Setzen eines Limits (WHGD), das ein Maximum der der Heizeinrichtung zuzuführenden Heizeinrichtungszuführenergie wiedergibt; und

einer Energiebegrenzungseinrichtung (1070, 1080) zum Begrenzen der Heizeinrichtungszuführenergie auf das Limit.

12. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Limit (WHGD) auf einen höheren Wert als normal erhöht wird, wenn der Sauerstoffsensor nur lokal geheizt wird.

13. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Limit (WHGD) in Übereinstimmung mit einer Impedanz (Zdc) des Fühlelements gesetzt wird.

14. Sauerstoffheizregelvorrichtung nach Anspruch 11,

gekennzeichnet durch

eine Impedanzfassungseinrichtung (48a) zum Erfassen einer Elementimpedanz (Zdc) des Fühlelements, so daß die Energiezufuhreinrichtung die Heizeinrichtungszuführenergie ansprechend auf die erfaßte Elementimpedanz und eine Sollelementimpedanz (ZdcT) verändert;

einer Limitzeitdauerbestimmungseinrichtung (1150, 1170, 1180) zum Bestimmen, daß die Heizeinrichtungszuführenergie auf das Limit für eine vorbestimmte Zeit begrenzt ist;

einer Impedanzveränderungseinrichtung (1160, 1190) zum Verändern der Sollimpedanz auf einen höheren Wert ansprechend auf eine Bestimmungsausgabe der Limitzeitdauerbestimmungseinrichtung.

15. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch einen Speicherspeicher mit wahlfreiem Zugriff (Back-up-Memory, 48d) zum Speichern der durch die Impedanzveränderungseinrichtung veränderten Sollimpedanz.

16. Sauerstoffsensorheizregelvorrichtung nach Anspruch 11,

gekennzeichnet durch

eine Impedanzfassungseinrichtung (48a) zum Erfassen einer Elementimpedanz (Zdc) des Fühle-

ments, so daß die Energiezufuhreinrichtung die  
Heizeinrichtungszuführenergie ansprechend auf  
die erfaßte Elementimpedanz und eine Sollele-  
mentimpedanz ( $Z_{dcT}$ ) verändert;  
eine Impedanzbeziehungsbestimmungseinrichtung 5  
(1010, 1030) zum Bestimmen, daß die erfaßte Ele-  
mentimpedanz größer als die Sollelementimpedanz  
ist;  
eine Limiterhöhungseinrichtung (2070, 2120) zum  
Erhöhen des Limits ansprechend auf eine Bestim- 10  
mungsausgabe der Impedanzbeziehungsbestim-  
mungseinrichtung.

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

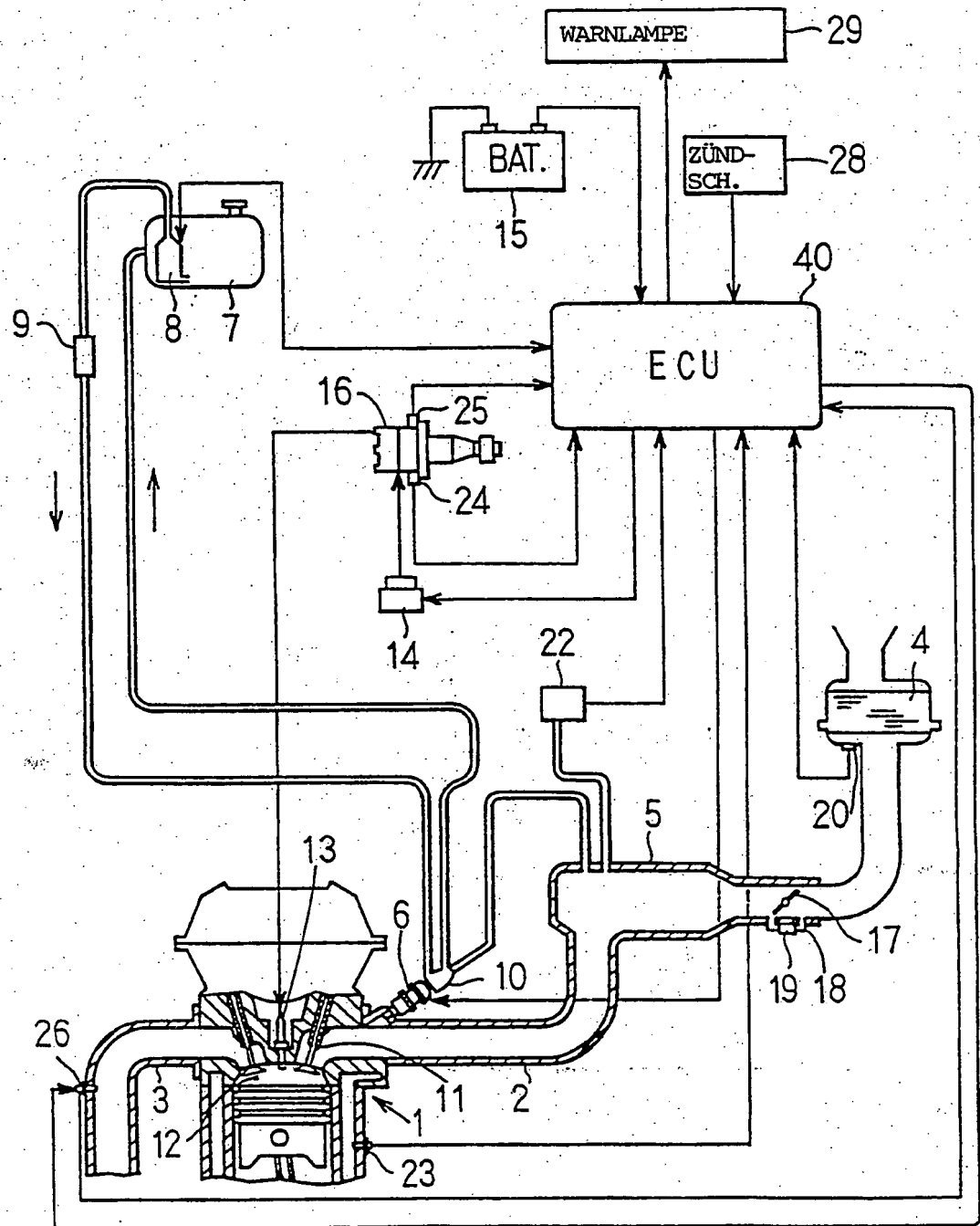
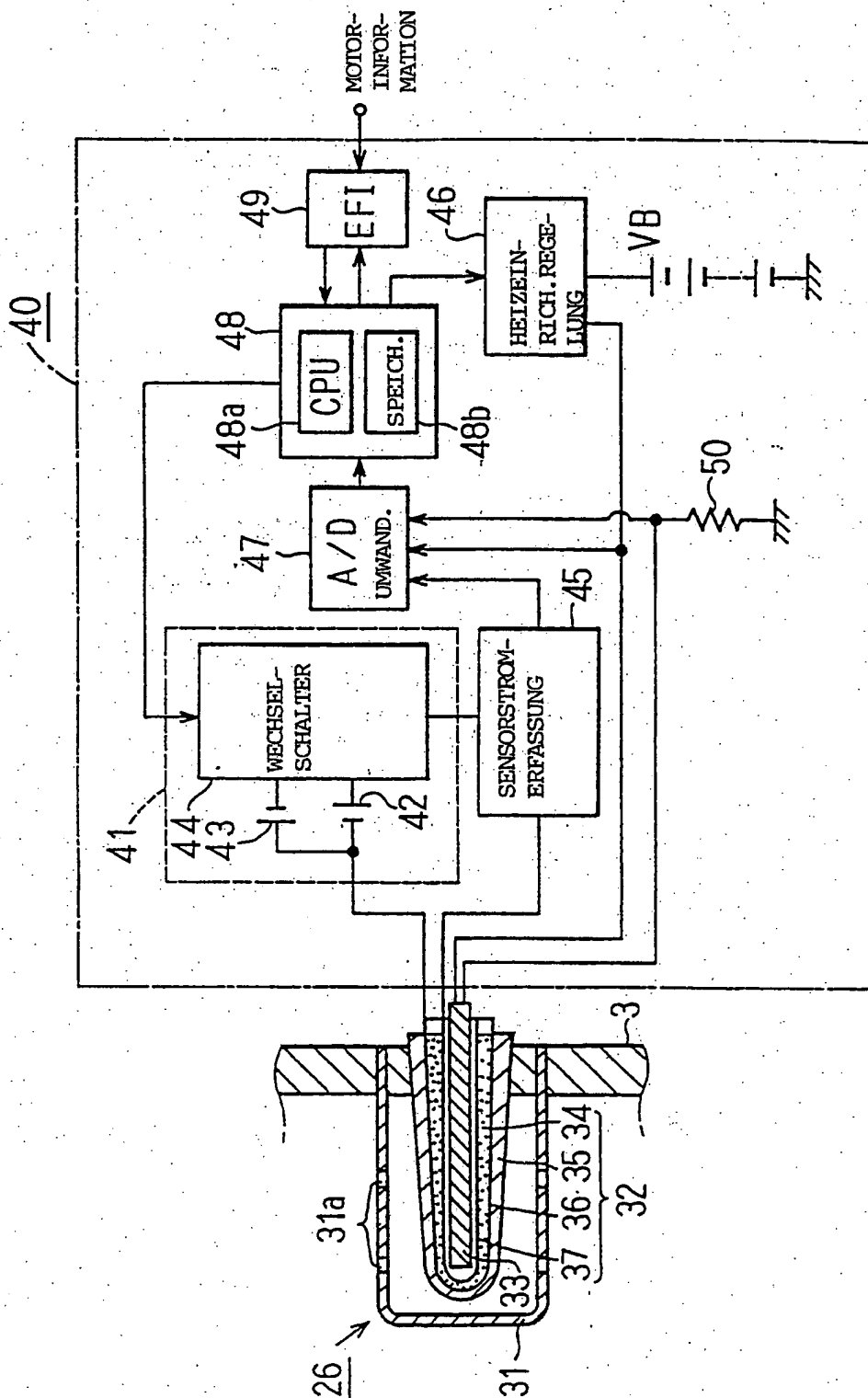
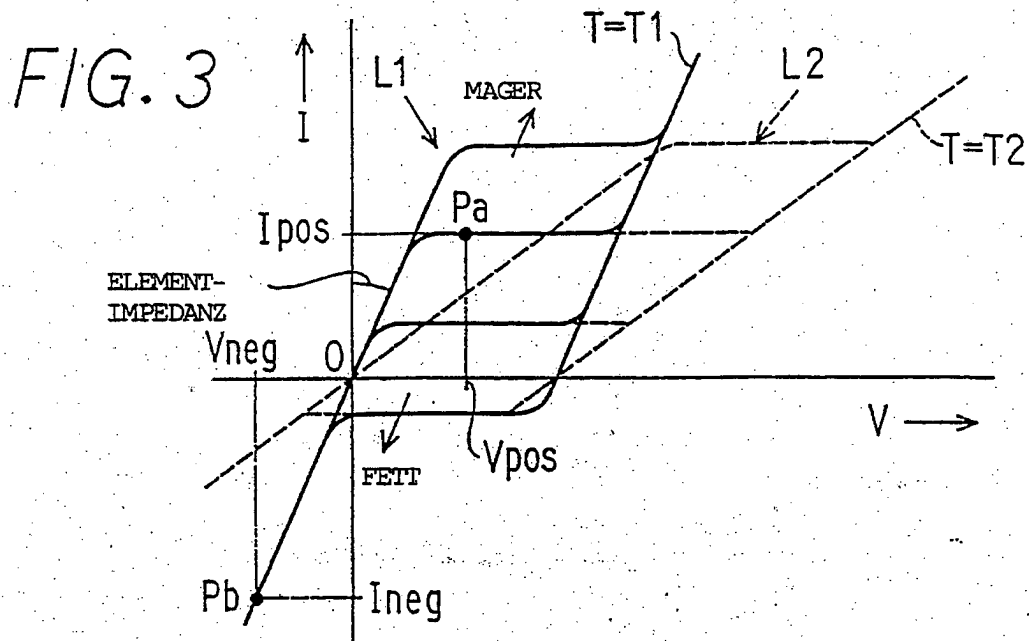


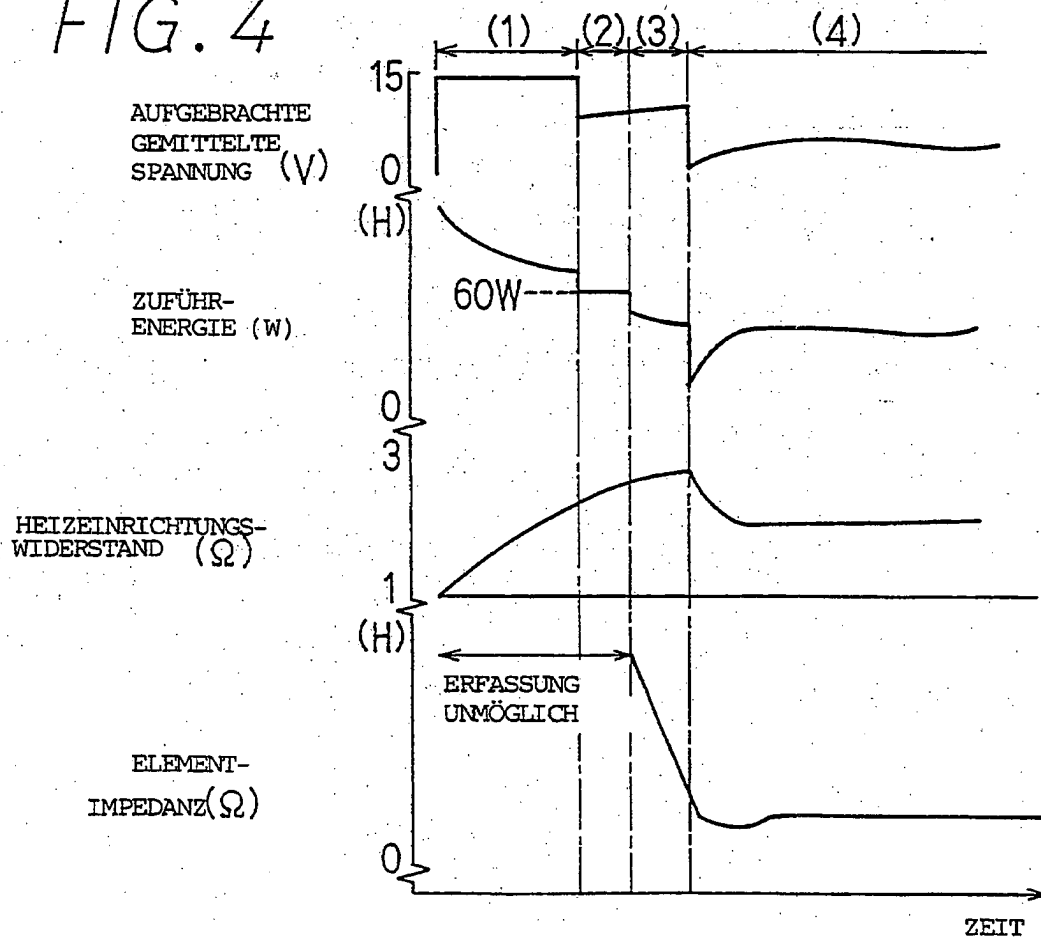


FIG. 2





**FIG. 4**



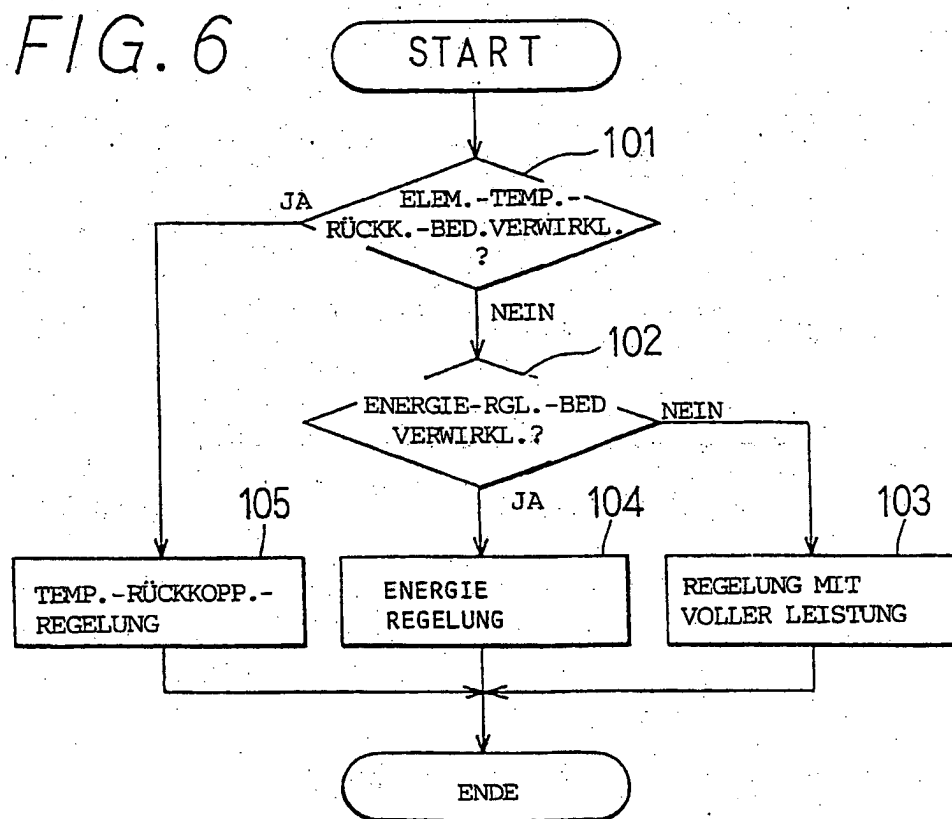
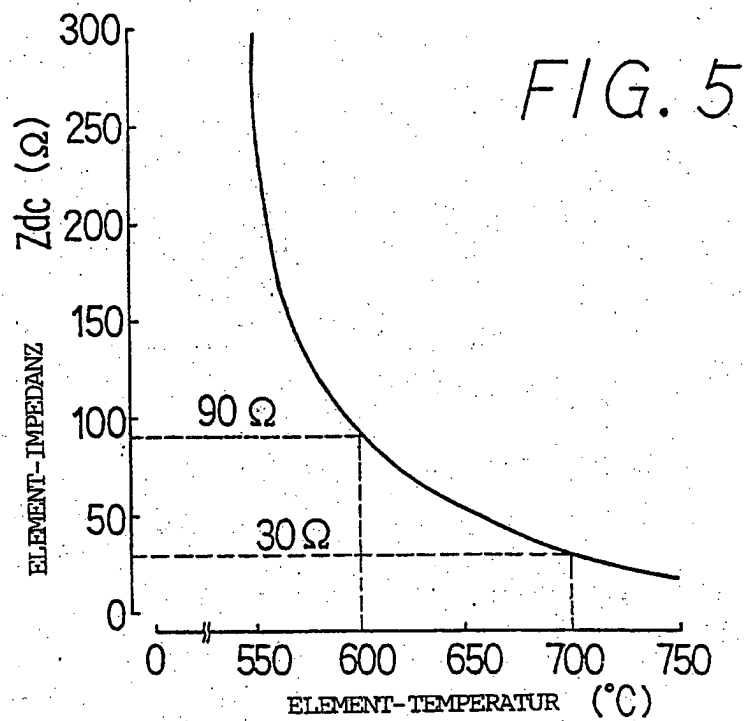


FIG. 7

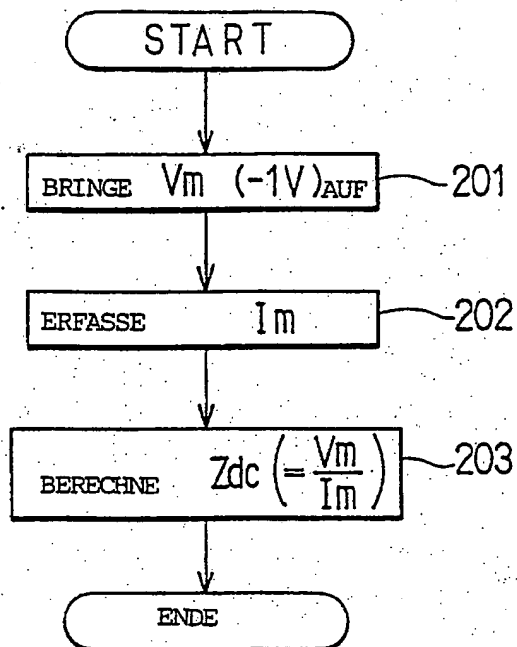


FIG. 8

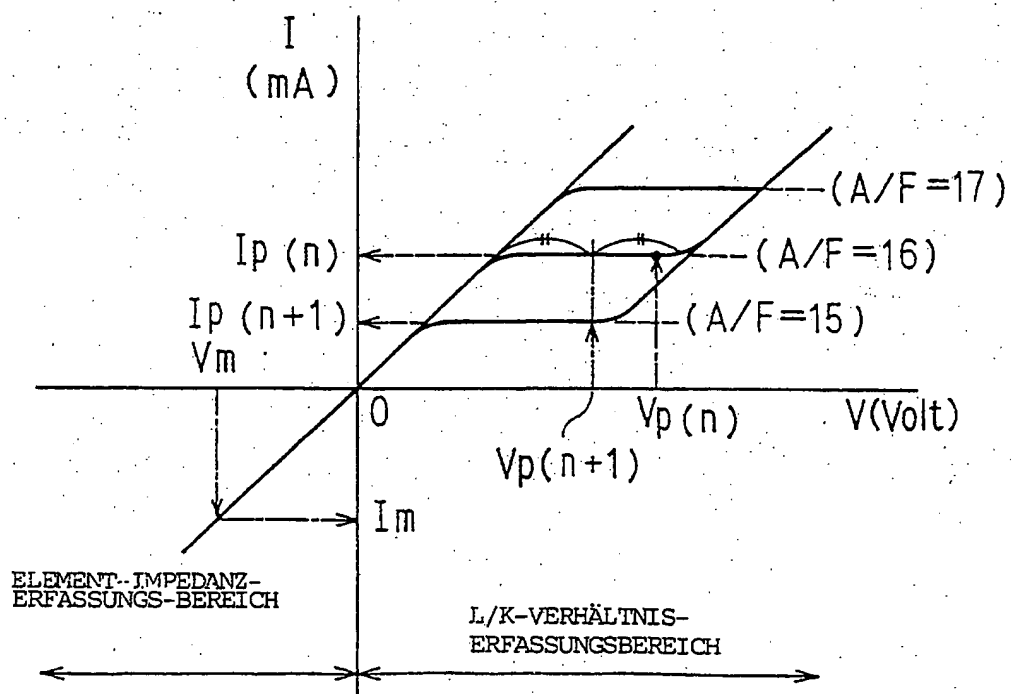


FIG. 9

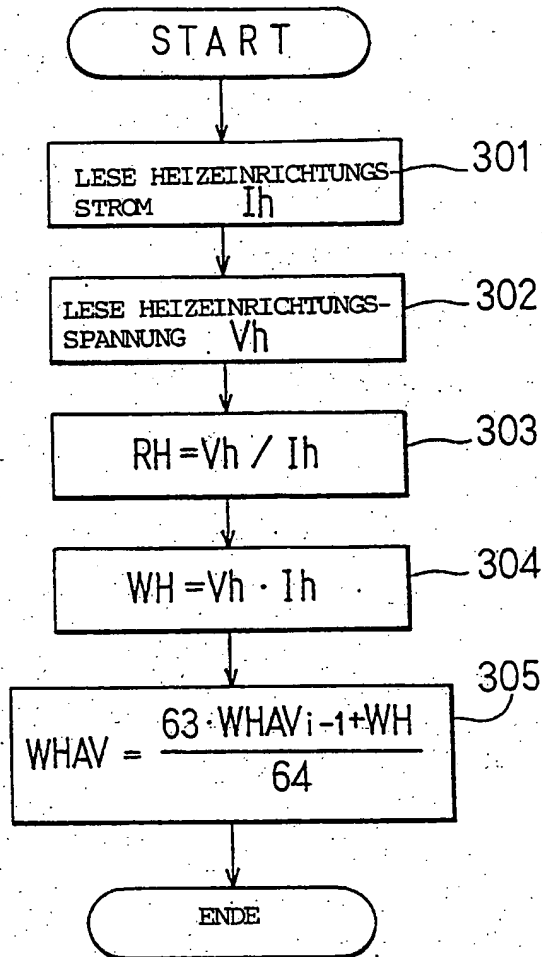


FIG. 10

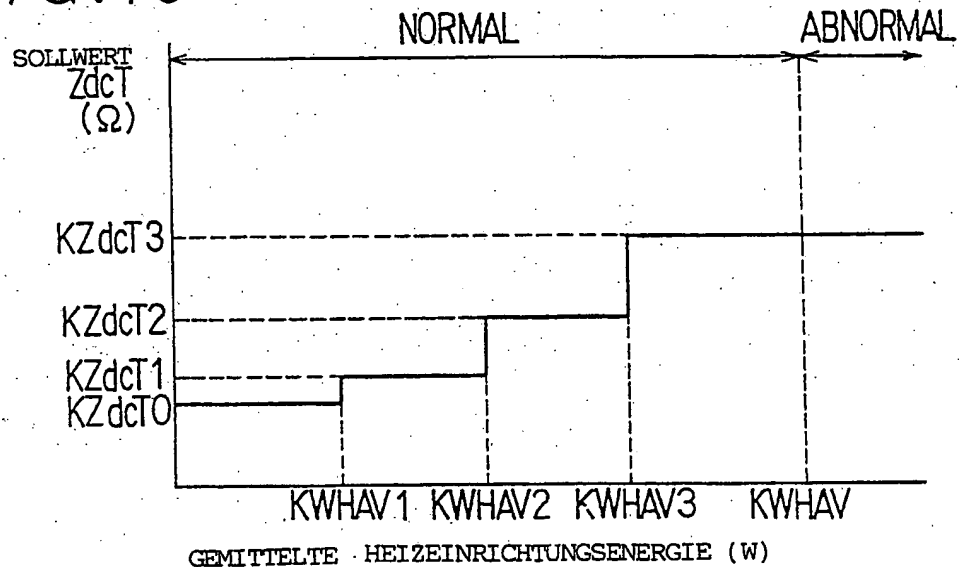


FIG. 11

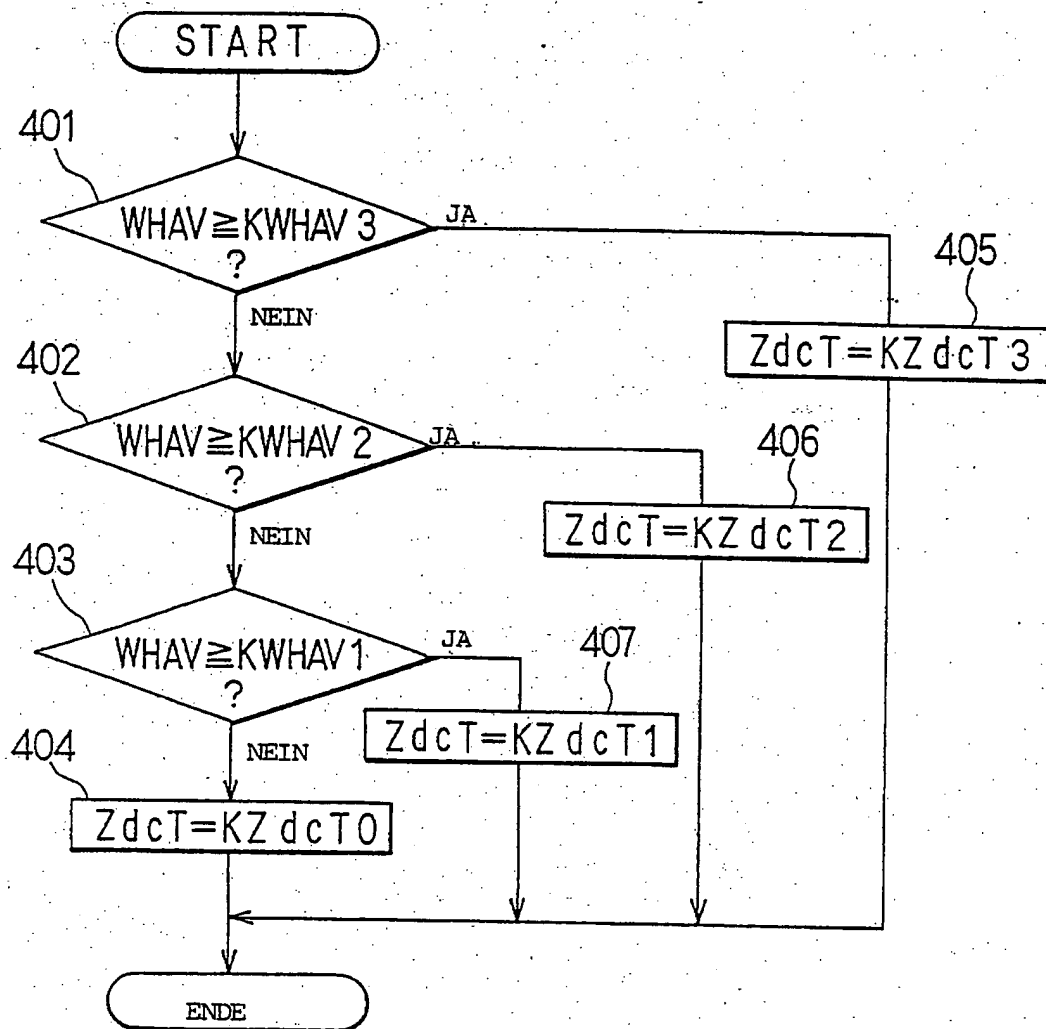
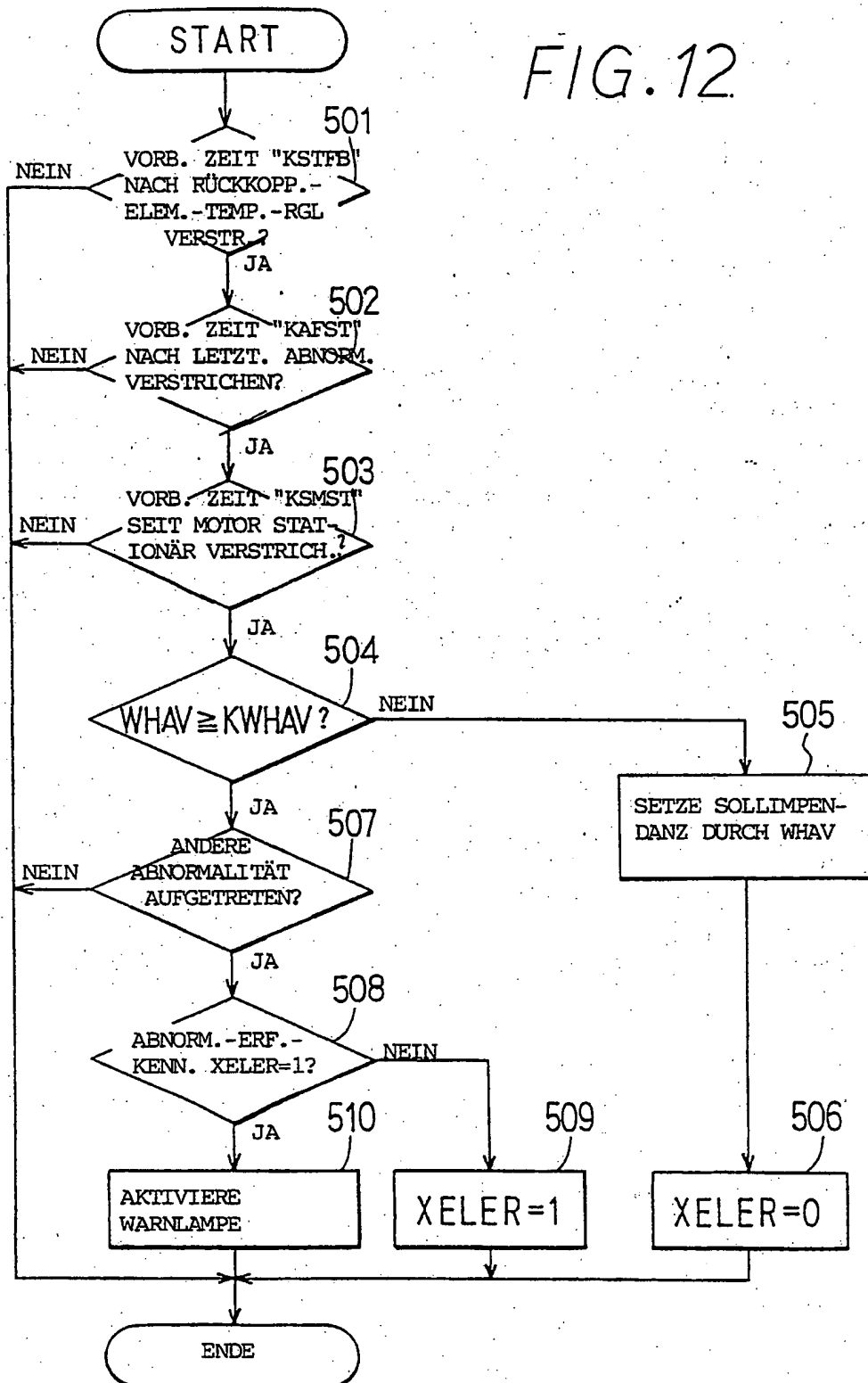


FIG. 12





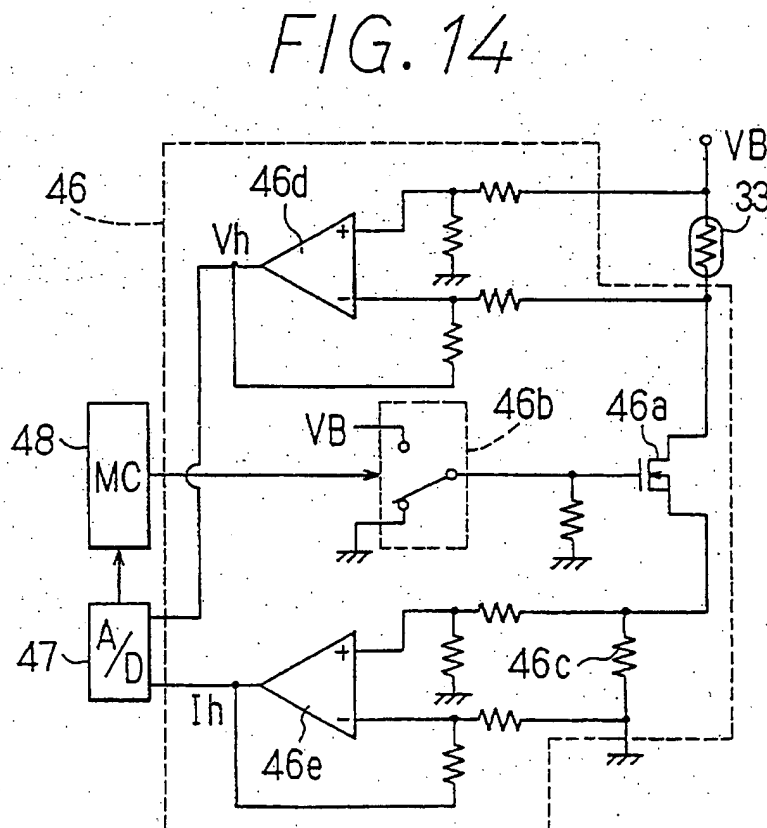
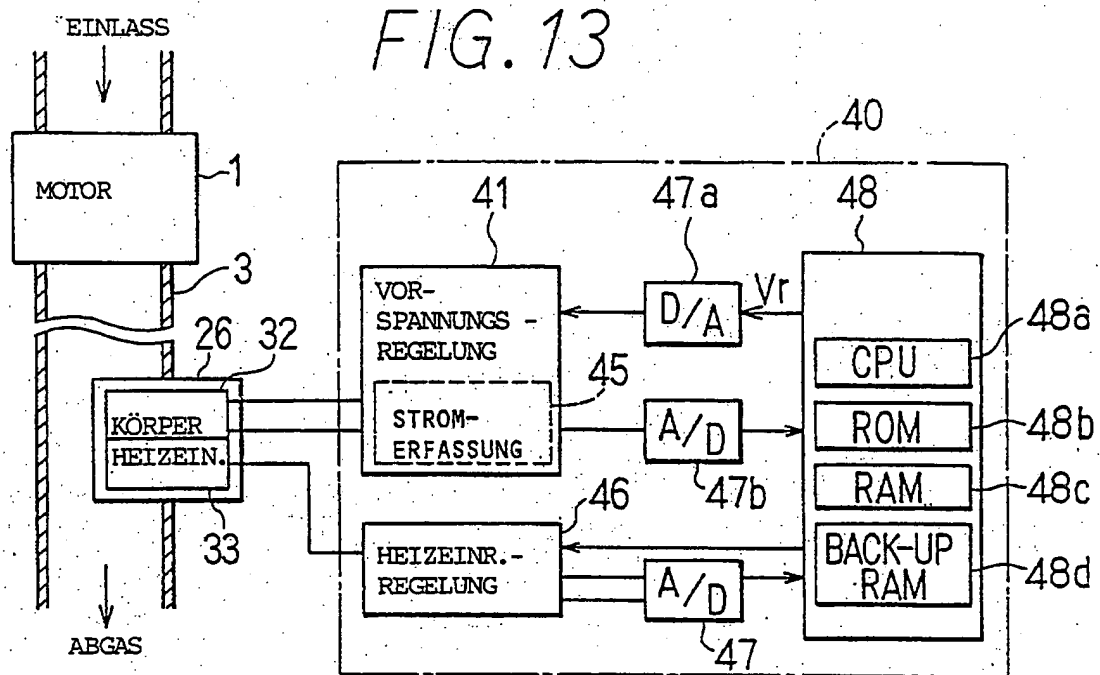


FIG. 15

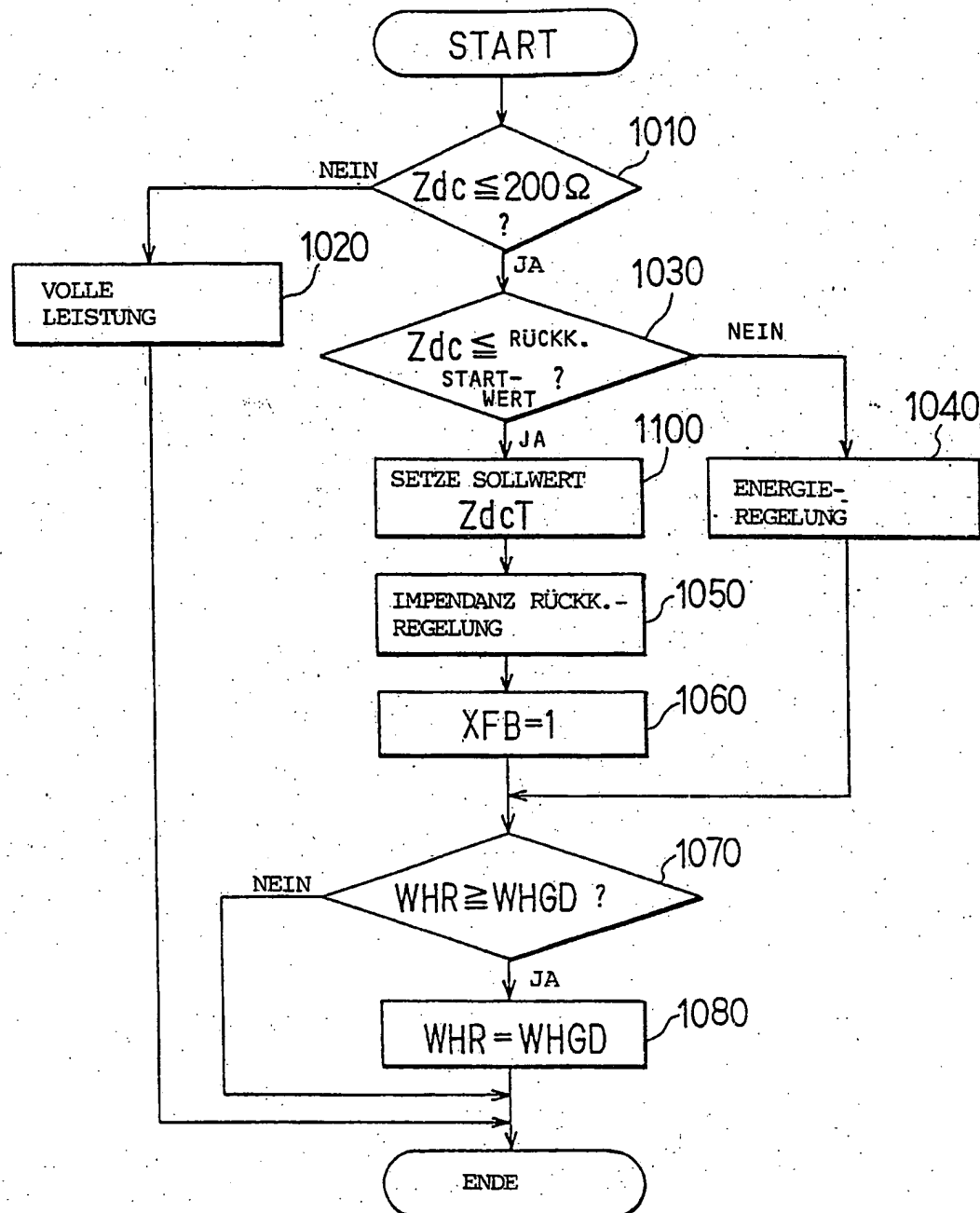


FIG. 16

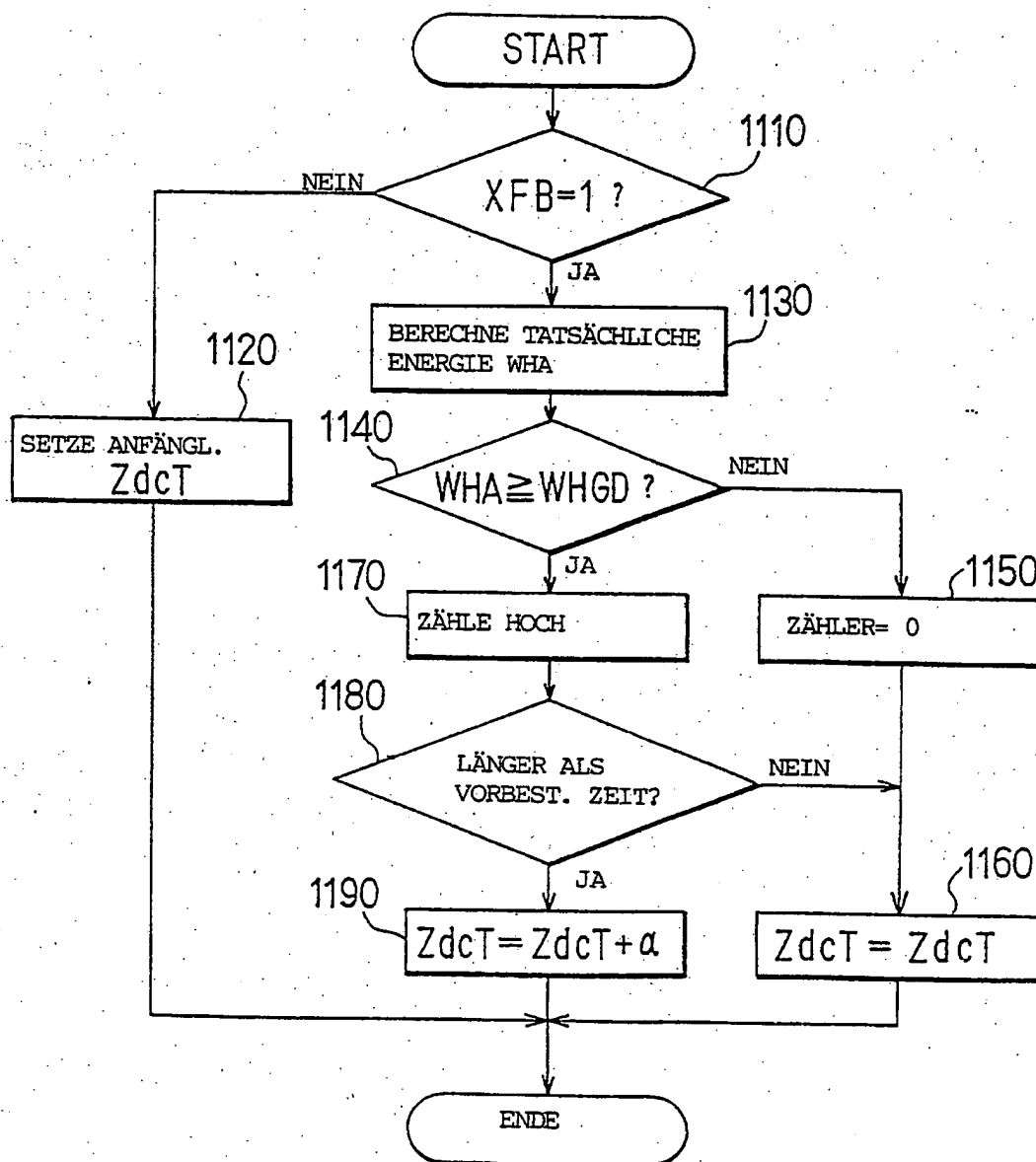


FIG. 17

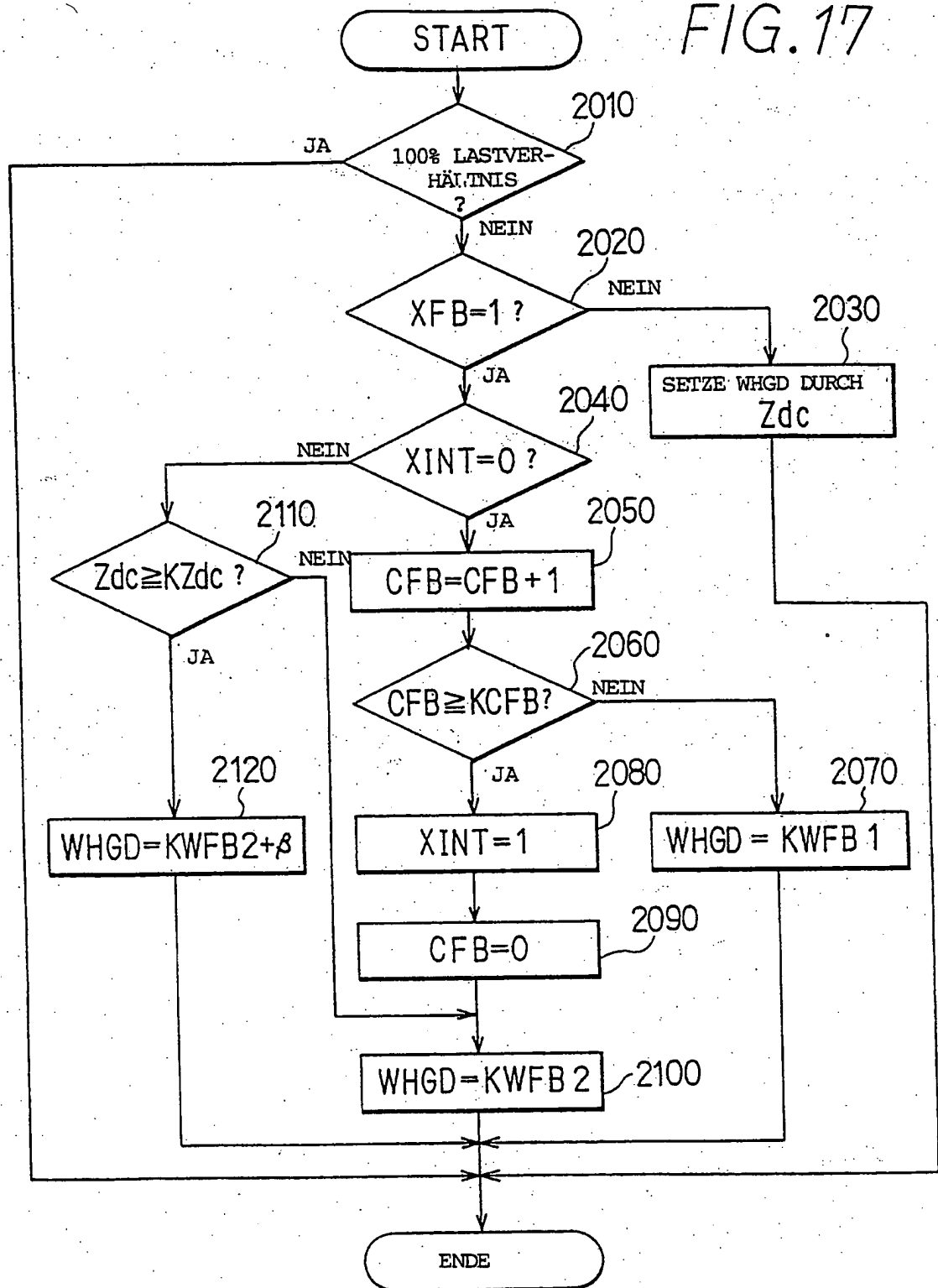


FIG. 18

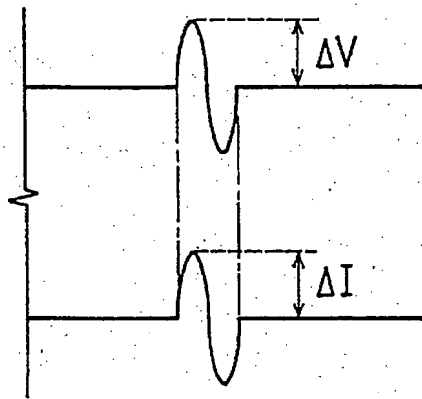


FIG. 19

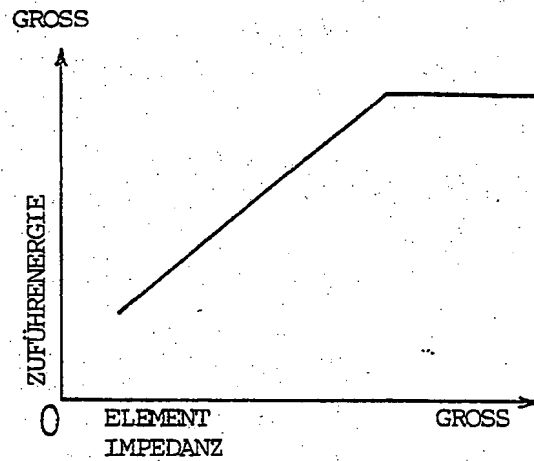
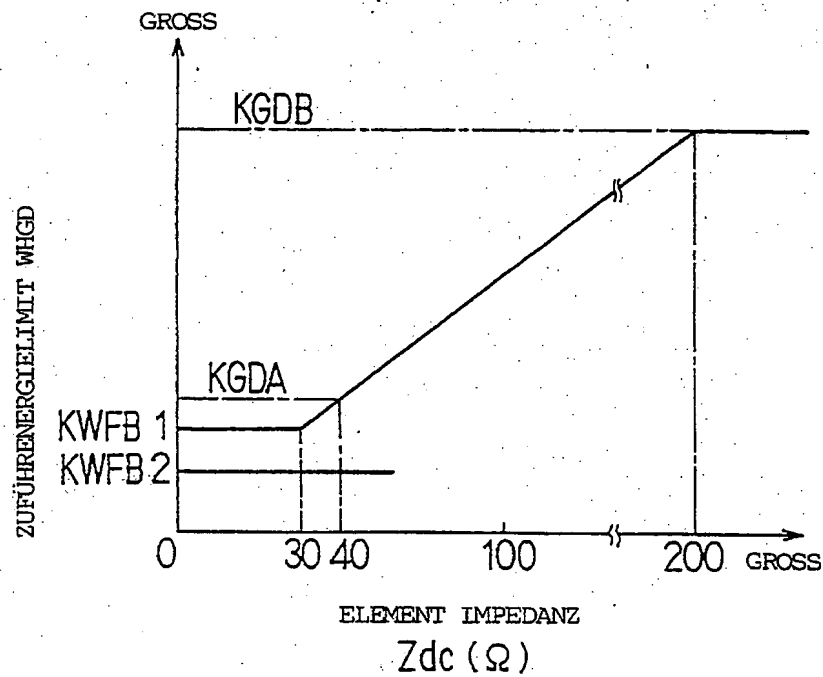


FIG. 20



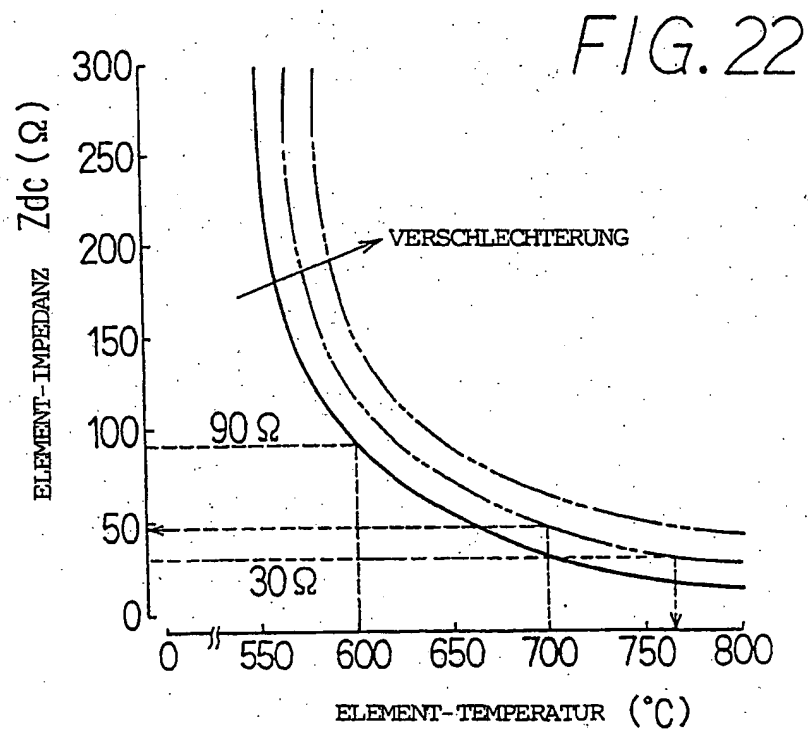
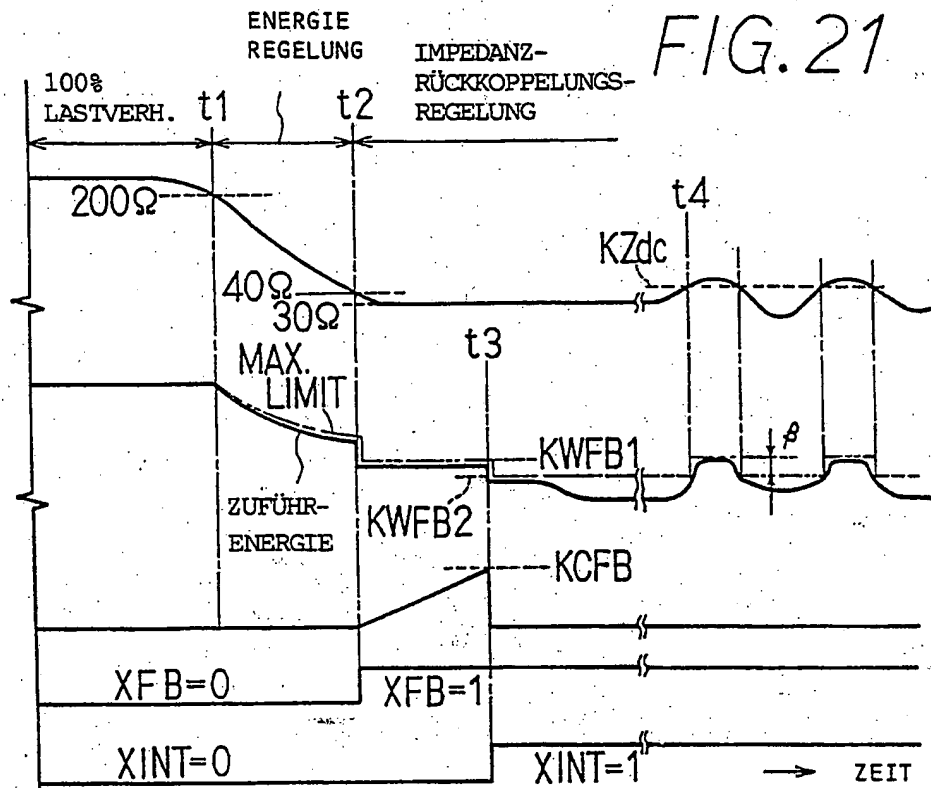


FIG. 23

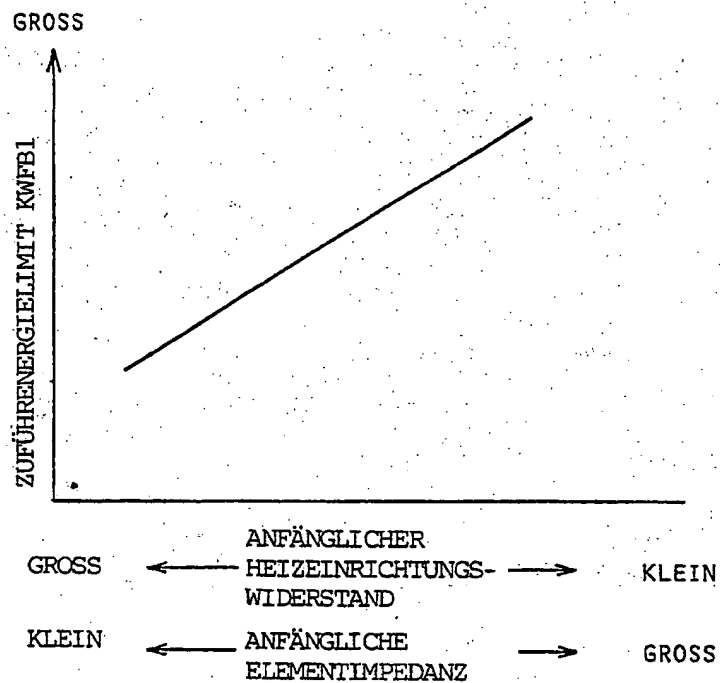


FIG. 24

